

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NATÁLIA MARCONDES DOS SANTOS GONZALES

AVALIAÇÃO E MANIPULAÇÃO DA SELEÇÃO DE DIETAS DE OVINOS E
CAPRINOS EM ÁREA DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA COM A PRESENÇA DE EUCALIPTO

CURITIBA

2016

NATÁLIA MARCONDES DOS SANTOS GONZALES

AVALIAÇÃO E MANIPULAÇÃO DA SELEÇÃO DE DIETAS DE OVINOS E
CAPRINOS EM ÁREA DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA COM A PRESENÇA DE EUCALIPTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César de Faccio Carvalho

Co-orientador: Prof. Dr. Anibal de Moraes

Co-orientador: Prof. Dr. Olivier Bonnet

CURITIBA

2016

G643 Gonzales, Natália Marcondes dos Santos

Avaliação e manipulação da seleção de dietas de ovinos e caprinos em área de sistemas integrados de produção agropecuária com a presença de eucalipto. Natália Marcondes dos Santos Gonzales. / Curitiba: 2016.

108 f. il.

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.

Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal.

1. Ovino – Alimentação e rações. 2. Caprino – Alimentação e rações. 3. Estímulos aversivos. I. Carvalho, Paulo César de Faccio. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal. III. Título.

CDU 636.3|



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL





PARECER

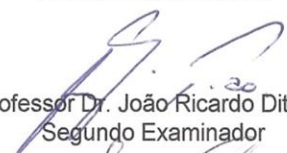
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **NATALIA MARCONDES DOS SANTOS GONZALES**, sob o título **"AVALIAÇÃO E MANIPULAÇÃO DA SELEÇÃO DE DIETAS DE OVINOS E CAPRINOS EM ÁREA DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA COM A PRESENÇA DE EUCALIPTO"**, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

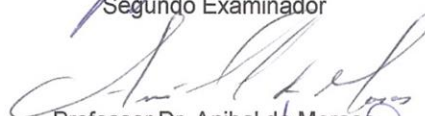
Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação.


Curitiba, 11 de Março de 2016.


Professor Dr. Cícero Deschamps
Coordenador do Programa


Dra. Cristina Maria Pacheco Barbosa
Primeira Examinadora


+ Professor Dr. João Ricardo Dittrich
Segundo Examinador


Professor Dr. Anibal de Moraes
Terceiro Examinador


Professor Dr. Paulo César de Faccio Carvalho
Presidente da Banca e Orientador

Aos meus avós Jerônimo e Maria Chapiewski (in memoriam),

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me abençoar com a força e a coragem tão necessárias nestes dois anos de aprendizado e mudanças.

Ao meu marido Vitor Paulino Gonzales, pelo apoio incondicional em todas as minhas escolhas. Por ter me auxiliado em cada momento desta trajetória. Não há palavras suficientes para agradecer-lo.

Aos meus pais Rita Chapiewski e Marcos Schüller por sempre me apoiarem e estarem ao meu lado em todos os momentos. Pelos conselhos, carinho, amor e paciência. Por acreditarem em mim e no meu potencial, especialmente quando eu não acreditava.

Ao professor Paulo Carvalho pela orientação, ensinamentos e pela oportunidade a mim concedida.

Ao professor Anibal de Moraes pela co-orientação, confiança e auxílio no decorrer destes dois anos.

Ao Olivier Bonnet pela co-orientação, por compartilhar seu conhecimento e ser sempre muito solícito.

À Carolina Bremm pelo auxílio no planejamento dos experimentos e no desenvolvimento das análises estatísticas.

À professora Alda Monteiro, ao Cláudio Silva e toda a equipe do LAPOC pela gentileza e confiança ao permitirem o deslocamento dos animais à outro setor da fazenda, pelo auxílio no manejo dos animais e pelo conhecimento compartilhado durante o período do mestrado.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Canguiri, especialmente ao Rampão pela preocupação e cuidado com cada etapa da construção das cercas e abrigo dos animais, pela gentileza de verificar se eu estava bem quando permanecia sozinha na área experimental. À equipe do Taverna pelo auxílio na construção das cercas e transporte dos animais.

À todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, em especial à Maria Emília e Lucimara.

À todos os professores que contribuíram para a minha formação pessoal e profissional, especialmente ao professor Wilson Loureiro, pelos conselhos e amizade.

Às colegas e amigas Rúbia Dominschek, Delma Silva, Édina Lopes e Aline Utima por todos os conselhos e por todo apoio nestes dois anos. A amizade de vocês foi essencial em cada etapa desta dissertação.

Aos colegas do NITA Rafael Bonatto, Breno Menezes, Laura D. Faísca, Leonardo Deiss, Leonardo Symcak, Gilmar Triches, Maurício Schuster, Carlos Coimbra e Thales Portugal pelo apoio e companheirismo durante estes dois anos.

Aos colegas do GPEP (UFRGS), em especial ao Anderson “Petição” pelo empenho, ajuda e amizade durante minha estadia na estação experimental.

Aos colegas do curso de pós-graduação, pelo conhecimento compartilhado durante o convívio nas salas de aula.

Às amigas Sheron Scholze Rosa e Alessandra Pedro pelo auxílio na revisão da dissertação, pelos conselhos e pela amizade. Às amigas Karoline Sprotte, Caroline Balbinot e Fernanda Del Piccolo pelo companheirismo e amizade em todos os momentos.

Aos meus avós Neyde e Ilson Schüller por todo o apoio desde o início da minha jornada acadêmica.

Aos meus sogros Cassia e Sétimo Gonzales pelo carinho, preocupação e auxílio neste período.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

"As coisas que persistimos em fazer, tornam-se mais fáceis para nós. Não que a natureza em si mude, mas nossa capacidade de fazê-la aumenta."

Heber J. Grant

AVALIAÇÃO E MANIPULAÇÃO DA SELEÇÃO DE DIETAS DE OVINOS E CAPRINOS EM ÁREA DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA COM A PRESENÇA DE EUCALIPTO

Autora: Natália Marcondes dos Santos Gonzales

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho

Resumo

Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) promovem a sustentabilidade dos sistemas de produção através da integração da agricultura, pecuária e floresta. Os arranjos destes sistemas podem variar de acordo com a natureza dos componentes, o local de produção e os objetivos. A combinação entre floresta, pastagem e animais permite otimizar o uso da terra e o retorno financeiro a curto e longo prazo. Porém, a presença do animal é evitada na implantação deste sistema devido aos possíveis danos causados às árvores. O objetivo geral desta dissertação foi avaliar a seletividade e preferência de ovinos e caprinos em áreas de SIPA com a presença de árvores e o interesse dos animais pelo componente arbóreo em duas alturas de pasto (alta e baixa). Também se testou a possibilidade de manipular a preferência alimentar de caprinos através da técnica do condicionamento aversivo, com o uso de LiCl, a fim de evitar o consumo de eucalipto. Dois experimentos foram realizados no Núcleo de Inovação Tecnológica em Agropecuária (NITA) na Fazenda Experimental Canguiri da UFPR. Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados com turno como fator de bloqueamento. Foram utilizadas quatro cabras da raça Boer com 4.5 anos e peso médio de $58,20 \pm 7,60$ kg e seis ovelhas (Suffolk x White Dorper) com 2 anos e peso médio de $57,90 \pm 1,70$ kg. Para caracterizar o pasto foram realizadas medições de altura antes e após o pastejo dos animais nos piquetes, em 200 pontos aleatórios. A composição do pasto foi determinada pela coleta de amostras em cada piquete nos dias de avaliação. Observou-se a seletividade dos animais e o comportamento ingestivo através do método do monitoramento contínuo de bocados. Após a constatação do consumo de *Eucalyptus dunnii* (Maiden) por caprinos, procedeu-se o condicionamento aversivo às folhas e às cascas de eucalipto. Ovinos e caprinos exploraram o ambiente forrageiro de maneiras distintas. Ovinos apresentaram comportamento e escolhas alimentares semelhantes nas duas alturas de pasto. A condição do pasto alterou a preferência alimentar dos caprinos, havendo o consumo de eucalipto em situação de pasto baixo. Ovinos não consumiram eucalipto e caprinos não consumiram trevo-vermelho ($P < 0.05$). A aversão alimentar foi facilmente criada em cabras através do uso de cloreto de lítio (200 mg LiCl/kg PV). Cabras condicionadas não consumiram folhas e cascas de eucalipto nas duas alturas de pasto.

Palavras-chave: preferência alimentar, condicionamento aversivo, comportamento ingestivo

EVALUATION AND MANIPULATION OF THE DIET SELECTION OF SHEEP AND GOATS IN AN INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEM WITH EUCALYPTUS

Author: Natália Marcondes dos Santos Gonzales

Adviser: Paulo César de Faccio Carvalho

Abstract

Integrated Crop-Livestock Systems (ICLS) promote the sustainability of the productions systems through the integration of agriculture, livestock and forestry. These systems can be arranged in various ways according to the nature of the components and the objectives of production and agricultural crops involved. The integration of trees, pasture and livestock can increase the productivity of the system and provide an above-average in the short and long-term return on investment. However, the animal's entry into the pasture with trees is often delayed because of the potential damage that the animals can cause in the trees in the early stages of their development. The aim of this dissertassion was to study the diet selection and ingestive behavior of sheep and goats grazing under two sward heights (high and low) with the presence of eucalyptus trees and manipulate the feeding preference of goats using the conditioned aversion method to avoid the consumption of eucalyptus. Two experiments were carried out at Technological Innovation of Agriculture Center (NITA) located at the Experimental Farm Canguiri of UFPR. A randomized block design was used with grazing period as blocking. Four female Boer goats aged 4.5 years old and with 58.20 ± 7.60 kg of average body weight and six female crossbred (Suffolk x White Dorper) sheep aged 2 years old with 57.90 ± 1.70 kg were used. To characterize the pasture condition, the sward height was measured before and after the animals grazing, in 200 points randomly selected in each paddock. The morphological composition of pasture was determined by harvesting forage samples in each paddock on the evaluation days. The diet selection and the ingestive behavior were determined using the continuous bite-monitoring method. On experiment 2 the conditioned aversion to *Eucalyptus dunnii* (Maiden) bark and leaves was developed in goats. Sheep and goats exploited the pasture area differently. Sheep showed similar ingestive behavior and diet selection in both sward heights. The pasture condition changed the feeding preference of goats, which consumed eucalyptus in the low sward height, with a higher consumption of bark. Sheep did not consume eucalyptus and goats did not consume red clover ($P < 0.05$). The conditioned aversion was easily created in goats using high doses of LiCl (200 mg LiCl/kg BW). Averted goats avoided leaves and bark of eucalyptus in both sward heights.

Key-words: feeding preference, conditioned aversion, ingestive behavior

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

- Fig 1. Bite-coding grid for sheep in a pasture formed by *Paspalum urvillei* (Steudel), *Trifolium pratense* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol. Each pictogram illustrates the 'ideal bite' for each bite category (BC). Numbers on the left side represent plant height (cm) for the BC. Codes for each BC appear below the pictograms. BCs are grouped by general plant characteristics (height and species). The "U" shaped icon stands for the jaws of the sheep..... 57
- Fig 2. Bite-coding grid for goats in a pasture formed by *Paspalum urvillei* (Steudel), *Trifolium pratense* (L.), *Sida rhombifolia* (L.) and 2 years old *Eucalyptus dunnii* (Maiden). Each pictogram illustrates the 'ideal bite' for each bite category (BC). Codes for each BC appear below the pictograms. Numbers on the left side of some pictograms represent plant height (cm) for the BC. BCs are grouped by general plant characteristics (height and species). BCs differed from tree height, leaves mass per bite and structure chosen by the animal (leaves, branches or bark). The "U" shaped icon stands for the jaws of the goats..... 58
- Fig 3. Dry matter intake (g) of different plant species (*Paspalum urvillei* (Steudel), *Trifolium pratense* (L.), *Eucalyptus dunnii* (Maiden), *Sida rhombifolia* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol.) a) by sheep in the high and low sward height and b) by goats in the high and low sward height in an ICLS area..... 64

CAPÍTULO 3

- Fig 1. Bite-coding grid for goats in a pasture formed by *Paspalum urvillei*

(Steudel), *Trifolium pratense* (L.), *Sida rhombifolia* (L.) and 2 years old *Eucalyptus dunnii* (Maiden). Each pictogram illustrates the 'ideal bite' for each bite category (BC). Codes for each BC appear below the pictograms. Numbers on the left side represent plant height (cm). BCs are grouped by general plant characteristics (height and species). BCs differed from tree height, leaves mass per bite and structure chosen by the animal (leaves, branches or bark). The "U" shaped icon stands for the jaws of the goats..... 82

Fig 2. Dry matter intake of different plant species (*Paspalum urvillei* (Steudel), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) and *Sida rhombifolia* (L.)) by a) averted goats in the high sward height; b) averted goats in the low sward height; c) non-averted goats in the high sward height and d) non-averted goats in the low sward height..... 88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Table 1.	Number of observed bites and intake (g/DM) corresponded to the different vegetal species consumed by sheep and goats in two sward heights (high and low).....	60
Table 2.	Bite mass of bite categories consumed by sheep and goats in an integrated crop-livestock system.....	61

CAPÍTULO 3

Table 1.	Number of observed bites and intake (g/DM) corresponded to the different vegetal species consumed by averted and non-averted goats in two sward heights (high and low).....	86
Table 2.	Bite mass of bite categories consumed by averted and non-averted goats in an integrated crop-livestock system.....	87

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I	16
1.1	INTRODUÇÃO GERAL	16
1.2	REVISÃO DE LITERATURA	18
1.2.1	Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA).....	18
1.2.1.1	SIPA com a presença de animais, pastagem e árvores.....	19
1.2.1.2	Eucalipto como componente arbóreo em áreas de SIPA.....	22
1.2.1.3	Pastagem como fonte de alimento do animal em áreas de SIPA	24
1.2.2	Comportamento ingestivo de ovinos e caprinos.....	26
1.2.2.1	Seletividade e preferência alimentar de ovinos e caprinos	29
1.2.2.2	Monitoramento contínuo de bocados.....	32
1.2.2.3	Condicionamento aversivo à alimentos	34
1.3	REFERÊNCIAS	38
2	CAPÍTULO II – Diet selection by sheep and goats in an Integrated Crop- Livestock System with <i>Eucalyptus dunnii</i> (Maiden).....	49
2.1	ABSTRACT	49
2.2	RESUMO	50
2.3	INTRODUCTION.....	51
2.4	MATERIALS AND METHODS.....	52
2.4.1	Experimental site	52
2.4.2	Animals.....	53
2.4.3	Treatments	53
2.4.4	Vegetation measurements	54
2.4.5	Diet selection	54
2.4.5.1	Mutual familiarization.....	54
2.4.5.2	Design of the bite-coding grid	55
2.4.5.3	Data acquisition.....	55
2.4.5.4	Simulation of bites and laboratory processing	55
2.4.6	Statistical analysis	56
2.5	RESULTS	59
2.5.1	Availability and composition of vegetation.....	59

2.5.2	Bite categories.....	59
2.5.3	Diet selection and feed preference	62
2.6	DISCUSSION.....	64
2.7	CONCLUSIONS.....	68
2.8	REFERENCES	68
3	CAPÍTULO III - Conditioned aversion to <i>Eucalyptus dunnii</i> (Maiden) in goats in Integrated Crop-Livestock Systems.	75
3.1	ABSTRACT.....	75
3.2	RESUMO	76
3.3	INTRODUCTION.....	77
3.4	MATERIALS AND METHODS.....	78
3.4.1	Experimental site	78
3.4.2	Animals.....	79
3.4.3	Treatments	79
3.4.4	Vegetation measurements	80
3.4.5	Conditioning aversion	80
3.4.6	Diet selection	81
3.4.6.1	Mutual familiarization.....	81
3.4.6.2	Design of the bite-coding grid	83
3.4.6.3	Data acquisition.....	83
3.4.6.4	Simulation of bites and laboratory processing	83
3.4.7	Statistical analysis	84
3.5	RESULTS	84
3.5.1	Availability and composition of vegetation.....	84
3.5.2	Bite categories and diet selection	85
3.5.3	Aversion learning.....	89
3.6	DISCUSSION.....	89
3.7	CONCLUSIONS.....	92
3.8	REFERENCES	92
4	CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
5	APÊNDICES	100

1 CAPÍTULO I

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial de alimentos enfrenta o desafio de continuar aumentando em limitadas áreas de cultivo, devido ao aumento populacional. Desta maneira, o uso dos sinergismos entre os componentes de um ecossistema diversificado é o caminho para conciliar a produção de alimentos com a conservação ambiental (LEMAIRE et al., 2015).

A integração de plantas forrageiras, como gramíneas e leguminosas, com arbustos, árvores e animais, de forma sequencial ou simultânea na mesma unidade de área é utilizada para promover a produtividade do sistema e fornecer benefícios através das interações sinérgicas entre os componentes do sistema (MURGUEITIO et al., 2011; DEVENDRA, 2014).

Em uma pastagem com a presença de árvores há a tendência dos animais apresentarem curiosidade no elemento novo apresentado à eles, desta maneira, experimentam e consomem pequenas quantidades de ramos e folhas a cada dia, se estas estiverem acessíveis. Assim, a utilização de animais nestes sistemas pode ser desfavorável devido aos danos que podem ser causados às árvores. (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012).

No entanto, em SIPA com a presença de árvores, a otimização do desempenho animal pode ser alcançada sem efeitos negativos sobre o crescimento da árvore, desde que práticas de manejo adequadas sejam adotadas. Portanto, a compreensão adequada da dinâmica temporal e espacial do processo de pastejo é imprescindível para a produção eficiente (SANTOS et al., 2010). Para tal, o conhecimento do comportamento em pastejo das espécies animais utilizadas nestes sistemas é pré-requisito para o uso racional dos mesmos.

Visando a redução das injúrias causadas às árvores no sistema, tem-se estudado formas de reduzir ou eliminar o ramoneio de árvores pelos animais (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012). Dentre as ferramentas utilizadas tem-se destacado o uso do condicionamento aversivo a alimentos, que se baseia no

aprendizado dos animais em relação às alterações fisiológicas causadas pelos compostos químicos utilizados para realizar a aversão (ALMEIDA et al., 2009). O condicionamento aversivo é considerado uma importante ferramenta para o treinamento de animais para evitar o consumo de determinados alimentos ou plantas (RALPHS e PROVENZA, 1999). Segundo Burritt et al. (2013) a melhor maneira de ensinar um animal a não ingerir uma planta em particular é associá-la à náusea.

Qualquer composto químico ou estágio fisiológico que afete o trato gastrointestinal superior ou o centro emético do cérebro pode causar aversão. O LiCl (cloreto de lítio) é o emético mais utilizado em estudos de comportamento, por provocar náusea sem efeitos colaterais perigosos (PROVENZA et al., 1996; BURRITT et al., 2013).

Portanto, este trabalho foi desenvolvido com base nas hipóteses de que ovinos e caprinos apresentam interesse em consumir eucalipto (*Eucalyptus dunnii* (Maiden)) em áreas de SIPA, mas o grau deste interesse depende da altura do componente pasto. Além disso, testou-se a possibilidade de manipular a preferência alimentar de caprinos pelo eucalipto através do desenvolvimento de condicionamento aversivo pelo uso de cloreto de lítio, evitando o consumo do componente arbóreo.

A fim de testar tais hipóteses, este trabalho objetivou no Capítulo II avaliar a seleção de dietas de ovinos e caprinos em SIPA e o interesse dos animais pelo componente arbóreo em duas alturas de pasto. No capítulo III objetivou-se manipular a preferência alimentar de caprinos através da técnica do condicionamento aversivo, com o uso de LiCl, a fim de evitar o consumo de eucalipto.

Foram propostos como objetivos específicos: (1) Identificar as diferenças na seleção de dietas de ovinos e caprinos através do uso do monitoramento contínuo de bocados; (2) Desenvolver um conjunto de códigos de bocados para cada espécie animal de acordo com a observação do consumo das espécies vegetais e partes da planta; (3) Observar se há consumo de eucalipto e quão relevante seria frente à contrastes do estrato herbáceo; (4) Havendo consumo de eucalipto, avaliar se o condicionamento aversivo é capaz de reduzir ou eliminar o consumo do componente arbóreo pelos animais.

A estrutura desta Dissertação compreende inicialmente a revisão bibliográfica presente no primeiro capítulo, dois capítulos redigidos na forma de artigos científicos

e um capítulo final no qual são apresentadas as considerações finais. O Capítulo II é intitulado “Diet selection by sheep and goat in an Integrated crop-livestock system with *Eucalyptus dunnii* (Maiden)”. O capítulo III é intitulado “Conditioned aversion to *Eucalyptus dunnii* (Maiden) in goats in Integrated Crop-Livestock Systems”.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA)

O aumento na demanda por produtos de origem animal e vegetal gerou pressão para intensificar as práticas agrícolas e pecuárias. Esta intensificação do uso do solo e dos demais recursos disponíveis à produção passou a comprometer os serviços ecossistêmicos obtidos com a agricultura, especialmente a conservação dos recursos naturais, qualidade do solo e biodiversidade (BALBINO et al., 2011; SANDERSON et al., 2013). Uma alternativa é o desenvolvimento de sistemas que explorem a sinergia da diversidade do uso da terra (HERRERO et al., 2010; BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

Neste contexto inserem-se os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), os quais podem promover oportunidades para capturar interações ecológicas, aumentando a ciclagem de nutrientes, conservação dos recursos naturais e preservação do meio ambiente, melhorando a qualidade do solo e aumentando a biodiversidade (LEMAIRE et al., 2014). Recentemente, estes sistemas foram reconhecidos como alternativa para intensificação sustentável (CARVALHO et al., 2014), mantendo níveis de produtividade elevados com redução nos custos de produção, gerando ainda serviços ecossistêmicos (SANDERSON et al., 2013).

No cenário atual, a produção agrícola e pecuária visa não somente a produtividade do sistema, mas também a sustentabilidade do mesmo, devido às novas exigências do mercado consumidor. Esta recente preocupação com o meio ambiente renovou o interesse pelos SIPA (CARVALHO et al., 2010). Tais sistemas retomaram sua importância, após décadas de predomínio de sistemas intensivos de

monocultivo (LEMAIRE et al., 2014; MACEDO, 2009). Apesar da recente atenção recebida, esses modelos de produção agropecuária remetem aos primórdios da agricultura, juntamente com a domesticação de animais e plantas, não se tratando de uma nova tecnologia (ANGHINONI et al., 2013; CARVALHO et al., 2010).

Atualmente é possível verificar o uso do SIPA em 25 milhões de km² de terra (BELL e MOORE, 2012), sendo responsáveis por aproximadamente 50% da produção de alimentos no mundo, empregando milhões de pessoas ao longo da cadeia produtiva (HERRERO et al., 2010). Assim, esses sistemas visam não somente a conservação dos recursos naturais, como também o crescimento econômico e social, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (CARVALHO et al., 2010).

A combinação de atividades nesses sistemas pode ser tão distinta quanto a diversidade dos sistemas de produção existentes (CARVALHO et al., 2005). Assim, complexas combinações podem ser desenvolvidas de acordo com a natureza dos componentes, os objetivos da produção e as culturas agrícolas envolvidas (CARVALHO et al., 2010). Dentre as possíveis associações pode-se citar as interações entre pecuária de corte ou leite e cultivos como soja, milho, arroz, eucalipto ou algodão, planejadas em diferentes escalas espaço-temporais, abrangendo a exploração do cultivo vegetal (grãos e floresta) e produção animal (ruminantes e monogástricos) na mesma área, de forma concomitante ou sequencial (ANGHINONI et al., 2013).

1.2.1.1 SIPA com a presença de animais, pastagem e árvores

A integração de plantas forrageiras, como gramíneas e leguminosas, com arbustos, árvores e animais, de forma sequencial ou simultânea na mesma unidade de área é utilizada para promover a produtividade do sistema e fornecer benefícios através das interações sinérgicas entre os componentes do sistema (MURGUEITIO et al., 2011; DEVENDRA, 2014). Pode apresentar diferentes objetivos e práticas de manejo, e constitui-se de um meio eficiente de promover a otimização do uso da terra (CUBBAGE et al., 2012). São sistemas multifuncionais onde existe a

possibilidade de intensificar a produção, pelo manejo integrado dos recursos naturais, evitando sua degradação (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2001).

Estes sistemas também se apresentam como forma de agregar renda à propriedade rural, devido aos vários produtos obtidos com essa atividade, tais como: madeira, frutos, óleos, resinas, além dos produtos de origem animal como carne, lã, couro e leite (BALBINO et al., 2011). Contribuindo assim com benefícios econômicos e sociais pelo aumento da geração de emprego e distribuição de renda das propriedades rurais (CURADO FILHO et al., 2008; VIEIRA et al., 2003).

Por meio da presença das árvores, estes sistemas apresentam potencial para reduzir os danos causados por geadas na pastagem e reduzir os extremos climáticos (PACIULLO et al., 2009). Além disso, promovem aumento no conforto animal através da redução do estresse térmico causado por temperaturas extremas, elevando a produtividade e o desempenho reprodutivo dos animais, configurando assim melhorias no ambiente produtivo (BALBINO et al., 2011; PACIULLO et al., 2011; DEVENDRA, 2014).

Apesar dos benefícios acima citados, ainda há dúvidas acerca da introdução dos animais nessas áreas, pois em uma pastagem com a presença de árvores há a tendência dos animais apresentarem curiosidade no componente novo apresentado a elas. Dessa maneira, a utilização de animais no ano do estabelecimento das árvores pode ser desfavorável devido aos danos que podem ser causados às árvores (GARRETT et al., 2004). Este prejuízo pode ser verificado por meio de danos mecânicos (pisoteio de mudas e quebra de ramos), mastigação de folhas, cascas e ramos, e efeito indireto do pisoteio animal no grau de compactação do solo (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012).

Em ambientes pastoris onde existem árvores, os animais consomem pequenas quantidades de ramos e folhas a cada dia, se estas estiverem acessíveis. Tal consumo pode tornar-se problema quando a pequena quantidade de ingestão diária, acumulada, atinge níveis de dano inaceitáveis para o crescimento das árvores (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012).

A interferência do animal no sistema pode ser prejudicial, dependendo do tipo e idade do animal, do manejo aplicado e principalmente do tamanho e idade das árvores. Os danos às árvores ocorrem com maior facilidade quando estas são pequenas ou dependendo da lotação animal adotada, da quantidade e da qualidade de pasto existente (CURADO FILHO et al., 2008). A ocorrência do dano depende da

qualidade do substrato forrageiro do sub-bosque disponível aos animais, da palatabilidade do tecido foliar da espécie arbórea utilizada e da experiência prévia dos animais em pastejar sob ambientes florestais (BERNARDI et al., 2014).

O ramoneio ou a mastigação de folhas e ramos finos de árvores em ambiente pastoril é esperado, principalmente se estas partes estiverem ao alcance dos animais e apresentarem alguma qualidade forrageira. É um tipo de dano mais tolerável do que os demais, e pode ser contornado com a prática da desrama até uma altura em que os animais não possam alcançar os galhos e ramos, o que evita também a quebra de galhos (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012). Porém, em árvores jovens, o ramoneio pode danificar brotos vegetativos, ocasionando atraso no crescimento e, no caso de danos mais severos, pode causar a morte da planta (SANTILLI et al., 2004).

Quando a árvore tem a casca danificada, pode aumentar a chance de mortalidade devido ao fato de que, sem a casca, a árvore perde parte importante de suas defesas contra doenças e insetos. Quando o dano é superficial (somente na parte externa da casca, sem atingir o câmbio e o lenho) a recuperação ocorre uniformemente por toda a superfície da casca danificada. Porém, dependendo da extensão e profundidade do dano na casca, a cicatrização não ocorre completamente, ficando aparente uma porção do lenho (MEDRADO et al., 2009). A exposição do lenho favorece o ataque de fungos e insetos xilófagos, e, em alguns casos, promove o apodrecimento e consequente quebra do tronco. Além disso, a acumulação de fotoassimilados, como o amido, acima da região onde a casca foi mastigada (ou roída) aumenta as chances de a árvore ser novamente procurada pelos animais, resultando em danos crescentes e mortalidade (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012). Skarpe et al. (2007) estudaram o comportamento ingestivo de caprinos em um ambiente com a presença de árvores e arbustos e observaram que os animais preferiram alimentar-se das árvores que já haviam sido pastejadas por outros animais.

A retirada da casca pode promover a brotação de gemas epicórmicas, abaixo da região danificada. Entretanto, embora a brotação seja uma oportunidade para a sobrevivência da árvore, isso não é desejável num sistema onde as árvores foram escolhidas para fins madeireiros, pois o objetivo é ter tronco único e alto, capaz de produzir tora (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012).

Vários fatores podem promover a ocorrência de ramoneio das árvores pelos animais, como nutrição deficiente e estresse social, estresse das árvores e desequilíbrios na composição química da casca (MEDRADO, 2009). Conforme Baxter e Hansson (2001), mamíferos que comem cascas de árvores procuram, em diferentes espécies, balancear suas dietas por açúcar, minerais, ou proteína.

Em SIPA com a presença de árvores, a otimização do desempenho animal pode ser alcançado sem efeitos negativos sobre o crescimento da árvore, desde que práticas de manejo adequadas sejam adotadas. Portanto, a compreensão adequada da dinâmica temporal e espacial do processo de pastejo é imprescindível para a produção eficiente (SANTOS et al., 2010). Assim, o conhecimento do comportamento em pastejo dos ovinos e caprinos é um pré-requisito para o uso racional desses sistemas.

1.2.1.2 Eucalipto como componente arbóreo em áreas de SIPA

Existem diversas espécies arbóreas potenciais para o uso em SIPA. A escolha dependerá do objetivo da produção, de detalhada análise de mercado, das características da árvore e da interação desta com os outros componentes do sistema (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2009). As espécies selecionadas devem simultaneamente cumprir o objetivo do plantio e as exigências ecológicas regionais, garantindo, assim, retornos econômicos e ambientais (MELOTTO et al., 2009).

Com relação ao objetivo da introdução da espécie arbórea, este pode ser no sentido da produção de produtos madeiráveis como celulose, carvão vegetal, lenha, móveis, pisos e postes ou não madeiráveis como resinas, látex, frutos, mel, óleos ou taninos, além da utilização como alimento aos animais através de árvores forrageiras (MELOTTO et al., 2012).

Algumas características são desejáveis nas árvores a serem cultivadas em SIPA, dentre as quais se destacam: fuste alto, copa reduzida ou pouco densa possibilitando a passagem de luz, crescimento inicial rápido, resistência a ventos, adaptação ao ambiente e tolerância a estresses bióticos e abióticos, ausência de efeitos tóxicos sobre os animais, capacidade de fornecer sombra e abrigo, bem

como controle da erosão (NICODEMO et al., 2004; MELOTTO et al., 2009; BERNARDI et al., 2014).

Atualmente, o gênero *Eucalyptus* consiste na essência florestal mais plantada em território brasileiro, tanto em monocultivos quanto em sistemas integrados (AUGUSTO et al., 2007; VENTURIN et al., 2010; BERNARDI et al., 2014). Em conjunto com a espécie *Grevillea robusta* (Cunn.) e o gênero *Corymbia*, representam a maior parte da ocorrência de espécies florestais identificadas nesses sistemas (BALBINO et al., 2011).

Originário da Austrália e da Indonésia, o *Eucalyptus* spp. tem sido amplamente utilizado em diversos países por apresentar adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para produção de madeira para usos múltiplos, disponibilidade de mudas, copas estreitas e existência de material genético melhorado (CATRY et al., 2013; MYBURG et al., 2014).

Pulrolnik et al. (2010), avaliando a adaptação e o desenvolvimento inicial de espécies de árvores nativas e exóticas, observaram que as espécies de eucalipto apresentaram maior crescimento em altura e diâmetro em comparação às espécies nativas. Nestes sistemas, é importante que a espécie arbórea se desenvolva rapidamente. Na fase inicial, um dos fatores mais limitantes para a entrada dos animais é a baixa altura e diâmetro das árvores, que podem resultar em menor resistência aos possíveis danos causados pelos animais (MACHADO et al., 2013).

O eucalipto pode atingir normalmente entre 20 e 40 m de altura em solos férteis (LORENZI, 2003). É uma espécie tolerante a geadas, permitindo a manutenção de pastagens verdes durante o inverno (VIEIRA et al., 2003) e por isso tem sido recomendada para plantios nas condições subtropicais brasileiras (BERNARDI et al., 2014). De crescimento rápido, é utilizada como quebra-ventos e sua madeira é própria para serraria, além de ser indicada para uso em arborização (VIEIRA et al., 2003).

As principais justificativas para a utilização do eucalipto em áreas de SIPA são: i) grande número de espécies, as quais possibilitam a seleção de árvores com características específicas para se atingir diferentes objetivos de produção (MYBURG et al., 2014); ii) plasticidade ecológica às diferentes condições ambientais do território brasileiro, com elevado potencial de adaptação (BERNARDI et al., 2014); iii) potencial para múltiplos usos, o que inclui produtos madeiráveis e não madeiráveis, devido à grande diversidade e concentração de óleos essenciais os

quais exercem tanto funções ecológicas, como podem ser utilizados na indústria farmacêutica (MYBURG et al., 2014); iv) possui variabilidade de sistema radicular que, em associação com micorrizas, pode explorar diferentes perfis de solo e favorecer a ciclagem de nutrientes (CAMPOS et al., 2011); vi) rápido crescimento e considerável produtividade de madeira (AUGUSTO et al., 2007).

1.2.1.3 Pastagem como fonte de alimento do animal em áreas de SIPA

Gramíneas e leguminosas forrageiras constituem a principal fonte dos nutrientes essenciais ao crescimento, à saúde e à reprodução dos herbívoros (GOMIDE e GOMIDE, 2001). Assim, a exploração dos rebanhos depende fundamentalmente da produção de forragem. Desta maneira, a adequada escolha da espécie forrageira constitui o ponto de partida para o sucesso da exploração da pastagem (CARVALHO e PIRES, 2008).

O sucesso de pastagens arborizadas depende da adaptabilidade da forrageira para ambientes sombreados (PACIULLO et al., 2009), do estabelecimento adequado das árvores e da compatibilidade do tipo e da categoria animal em relação às árvores e à forrageira (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2009).

A forrageira utilizada deve ser tolerante ao sombreamento, pois as alterações microclimáticas influenciam na disponibilidade de água e na fertilidade do solo, interferindo no crescimento das plantas. É necessário selecionar espécies que detenham boa capacidade produtiva, adaptadas ao manejo e ambientadas às condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas. Durante o estabelecimento das árvores, o sombreamento causado pelo componente arbóreo é mínimo e de pouco efeito sobre a cultura forrageira, mas à medida que as árvores crescem, as mudanças no microclima se tornam mais acentuadas, podendo comprometer o crescimento e a compatibilidade da cultura associada (BERNARDI et al., 2014).

A produtividade das forrageiras está diretamente relacionada à escolha da espécie arbórea utilizada e à quantidade de árvores por superfície, que provocará alterações diretas na iluminação e calor que são importantes recursos para o pasto. E, indiretamente, na umidade do solo cuja importância se encontra na decomposição

da matéria orgânica e absorção de nutrientes. A competição por água entre árvores e forrageiras é alta na fase inicial de produção. Portanto, a seleção das espécies arbóreas e forrageiras deve procurar minimizar a competição e os efeitos negativos entre os componentes do sistema (LÓPEZ-DIAS et al., 2009).

O porte mais alto das árvores em relação às forrageiras herbáceas quando em associação, interfere na passagem da radiação luminosa para o estrato inferior, fazendo com que, em grande parte das situações, a taxa de crescimento das forrageiras seja menor na área sombreada em comparação com áreas não sombreadas (FRANKE e FURTADO, 2001). Com o aumento do sombreamento, o rendimento forrageiro decresce, embora, dependendo da espécie, maiores produções podem ser obtidas, em condições de sombra moderada (CARVALHO, 2001). A variação nos aspectos morfofisiológicos e nutricionais das espécies forrageiras depende da própria espécie forrageira utilizada e do nível de sombreamento imposto pelas espécies arbóreas associadas (PACIULLO et al., 2007).

O nível de radiação que chega ao estrato inferior é determinante para o crescimento e desenvolvimento de espécies em sub-bosque. Os desbastes e raleamento dos ramos nas árvores melhoram a qualidade e a intensidade da radiação que chega ao solo, possibilitando o consórcio entre as espécies arbóreas e forrageiras. Contudo, o ideal é o planejamento dos espaçamentos entre árvores, desde seu estabelecimento, para que as plantas adaptem-se ao nível de sombreamento, permitindo crescimento equilibrado entre as árvores e a pastagem (SOARES et al., 2009). O espaçamento recomendado entre as árvores é variável e depende da arquitetura das plantas arbóreas e do modo de distribuição das árvores, porém, sugere-se que a densidade de árvores não ultrapasse 50% de cobertura arbórea na área de pastagem (BERNARDI et al., 2014).

Devido à habilidade de crescimento sob árvores, as espécies *Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf (BERNARDI et al., 2014) e cultivares de *Panicum maximum* Jacq (CARVALHO et al., 2002) estão atualmente entre as gramíneas tropicais mais tolerantes ao sombreamento.

Segundo Machado et al. (2013) o eucalipto é sensível à interferência causada pelas gramíneas do gênero *Brachiaria* spp. no ano de implantação do sistema, resultando em queda na produção. Neste caso, é sugerido que a pastagem utilizada

seja mista, com a presença de diferentes espécies de gramíneas e leguminosas, sendo este um aspecto determinante para o sucesso do sistema.

Vale ressaltar que gramíneas e leguminosas diferem entre si quanto à adaptação a diferentes intensidades luminosas (CARVALHO et al., 2002), pois leguminosas tropicais têm nível de saturação luminosa mais baixo que as gramíneas (CARVALHO e PIRES, 2008). Segundo López-dias et al. (2009) o trevo branco é uma das espécies mais apropriadas para pastos arborizados, porque compete menos por nutrientes em relação às gramíneas. Além disso, o uso de espécies leguminosas pode contribuir para a ciclagem de nutrientes, melhorando a condição do solo e, conseqüentemente, das forrageiras, pois possuem capacidade de se associar simbioticamente às bactérias fixadoras de nitrogênio. Se plantadas em nível, também contribuem com redução da erosão. A capacidade das leguminosas em aumentar o aporte de nitrogênio no ecossistema é interessante em sistemas com a integração de pastagem com o *Eucalyptus*, pois em pastagens não consorciadas com leguminosas e com a presença desta espécie arbórea há redução na disponibilidade de nitrogênio no solo (ANDRADE et al., 2003).

1.2.2 Comportamento ingestivo de ovinos e caprinos

As espécies ovina e caprina caracterizam-se pela capacidade de adaptação às mais diversas condições de ambiente, verificando-se a sua ocorrência em quase todas as regiões do mundo. Isso decorre da facilidade em se adequar às mais diferentes dietas, associada à sua acentuada capacidade de aclimatação, sendo muito utilizadas para a produção de lã, couro, carne e leite (ZANINE et al., 2006).

Os ovinos e caprinos são animais de porte baixo, cabeça pequena, boca com lábios móveis e ágeis favorecendo a escolha de partes mais ricas dos vegetais como folhas e brotos, sendo os lábios e os pequenos dentes incisivos as principais estruturas de apreensão de alimentos. Diferentemente dos bovinos, a língua não é utilizada para este fim. Como não há dentes incisivos superiores, as folhas e caules são severamente arrancados pelos dentes incisivos inferiores, com o animal exercendo movimentos com a cabeça para o lado e para cima (ZANINE et al., 2006; RIBEIRO et al., 2009).

Os caprinos são classificados como selecionadores por possuírem a capacidade de consumir tanto alimentos de maior valor nutritivo (concentrados) como aqueles mais ricos em fibras (NGWA et al., 2000). Mesmo em sistema de confinamento, o caprino expressa sua característica seletiva e dedica a maior parte do tempo à atividade alimentação e exercício acentuado de seleção (RIBEIRO et al., 2009). Enquanto bovinos e ovinos buscam as espécies herbáceas mais palatáveis e de qualidade nutricional superior, os caprinos parecem combinar em suas escolhas as pastagens de alta qualidade com vegetação lenhosa, permitindo utilização mais eficiente e diversificada dos recursos alimentares disponíveis (NGWA et al., 2000; FERREIRA et al., 2013).

Devido a diferentes adaptações fisiológicas, as espécies de herbívoros domésticos exploram os recursos forrageiros disponíveis de maneira diferente. Consequentemente, dependendo da quantidade disponível e do valor nutricional da vegetação, é esperado que os animais modifiquem seu comportamento ingestivo (FERREIRA et al., 2013). Os ruminantes têm a capacidade de modificar um ou mais componentes do seu comportamento ingestivo para superar condições limitantes ao consumo e obter as quantidades de nutrientes necessárias à manutenção e produção (ZANINE et al., 2006).

Os herbívoros, por meio do seu comportamento em pastejo, têm importante papel regulador no equilíbrio do sistema. Esse comportamento se caracteriza pelo tempo de procura por estações alimentares, tempo de permanência na estação alimentar, número de bocados e duração do bocado na estação alimentar (BAGGIO et al., 2009). Assim, ao escolher a estação alimentar, o animal permanece nela até que o consumo de nutrientes diminua a quantidades inferiores à média pré-experimentada, considerando todo o ambiente alimentar, quando se deslocam em busca de novos locais de alimentação para garantir melhor consumo de nutrientes (CARVALHO e MORAES, 2005).

O consumo diário dos animais em condições de pastejo é função de variáveis associadas ao comportamento, tais como tempo de pastejo, taxa de bocados e massa do bocado. A ingestão diária de forragem é o resultado do produto entre o tempo gasto pelo animal na atividade de pastejo e a taxa de ingestão de forragem durante esse período, que, por sua vez, é o resultado do produto entre o número de bocados por unidade de tempo (taxa de bocados) e a quantidade de forragem

apreendida por bocado (massa do bocado). Assim, o consumo diário pode ser influenciado por variações em quaisquer desses parâmetros (SILVA et al., 2009).

No processo de otimização do pastejo, as ações do animal são tomadas em diferentes escalas, organizadas de forma hierárquica, procurando convergir para uma alimentação que lhe garanta capacidade de sobrevivência e de reprodução (CARVALHO e MORAES, 2005). As ações dos animais iniciam-se no âmbito da paisagem, passam pelos níveis de campo, sítio, *patch*, estação alimentar e planta, até chegar ao bocado (PRACHE et al., 1998; GONÇALVES et al., 2009). Segundo Carvalho e Moraes (2005), a menor escala de decisão do animal é o bocado, que significa a ação ou o ato de apreender a forragem, e a estação alimentar é um semicírculo hipotético, disponível em frente ao animal, que ele alcançaria sem mover as suas patas dianteiras. Um *patch* é um agregado de estações alimentares separado de outros *patches* por uma parada na sequência de pastejo, quando o animal se reorientaria para novo local. Um sítio de pastejo representa um agregado de *patches* em área contígua onde os animais pastejariam durante uma refeição. Um campo de pastejo é um agregado de diferentes sítios de pastejo com área comum onde os animais buscam água, descanso ou sombra, e o nível regional de pastejo é definido por um agregado de campos de pastejo definido por cercas ou barreiras.

A espécie forrageira e suas características morfológicas de crescimento como altura, estrutura do relvado, densidade, idade, valor nutricional, relação folha:caule, digestibilidade, aceitabilidade pelo animal, quantidade de material morto e características do terreno influenciam nas escolhas dos animais (AGREIL et al., 2005; ZANINE et al., 2006).

A altura, para os animais, significa quantidade de biomassa disponível. A preferência por altura significa oportunidade de alta ingestão, na medida em que a altura potencializa a profundidade do bocado, que por sua vez é um dos principais determinantes da massa do bocado (SILVA et al., 2009).

Os animais respondem mais consistentemente a variações em altura do dossel do que em massa de forragem. Nos estudos com plantas forrageiras de clima temperado, as relações entre altura do dossel, consumo de forragem e desempenho animal são bem evidentes, demonstrando que aumentos em altura, desde que não haja decréscimos pronunciados no valor nutritivo da forragem, proporcionam

incrementos no consumo individual, bem como no desempenho de diferentes categorias animais (SILVA et al., 2009).

O estudo do comportamento ingestivo é uma ferramenta que auxilia na resolução de problemas relacionados com a diminuição do consumo em épocas críticas para a produção de leite ou carne. Por isso, estudos em etologia vêm sendo cada vez mais utilizados no desenvolvimento de modelos que servem de suporte às pesquisas e às formas de manejo dos animais de interesse zootécnico (ZANINE et al., 2006). Assim, compreender as relações existentes entre as características estruturais do pasto e o comportamento dos animais é fundamental para se definir as estratégias de manejo das pastagens (GONÇALVES et al., 2009).

Atualmente, a investigação dos processos envolvidos no ato do animal buscar seu alimento, via pastejo, assim como as consequências do pastoreio sobre o ambiente, têm assumido maior importância (MEZZALIRA et al., 2011). De acordo com Carvalho & Moraes (2005), o animal transmite sinais, via comportamento ingestivo, sobre a abundância e qualidade de seu ambiente pastoril, que, se utilizado para ponderar ações de manejo, pode se tornar uma importante ferramenta de gestão do animal no pasto.

1.2.2.1 Seletividade e preferência alimentar de ovinos e caprinos

A pastagem é um ambiente caracterizado por grande heterogeneidade espacial e temporal na distribuição da quantidade e qualidade da forragem disponível. É nesse ambiente que o animal é obrigado a buscar e colher os nutrientes necessários para satisfazer suas necessidades. Para tanto, precisa procurar, identificar e selecionar os locais de pastejo e, nestes, os bocados a serem realizados. O processo de pastejo adquire caráter ainda mais complexo se for levado em consideração que os animais possuem preferências que se manifestam em função das restrições de acesso e oferta de forragem existentes (CARVALHO e MORAES, 2005).

Herbívoros apresentam a capacidade de diferenciar espécies vegetais e partes de uma mesma planta, executando diferentes estratégias para a seleção e colheita da forragem (PANDE et al., 2002). Ao iniciarem o pastejo em um

determinado local, realizam antecipadamente uma avaliação visual, estabelecendo referências em termos qualitativos e quantitativos da forragem disponível. Quando esta se encontra abaixo da média estabelecida, o animal se desloca em busca de um local que lhe garanta melhor consumo de forragem (PAULA et al., 2009).

A seletividade e a preferência alimentar estão relacionadas à heterogeneidade e à estrutura do pasto, pois, para consumir determinada fração forrageira, rejeitando outra, o animal deve ser capaz de diferenciá-la e colhê-la (BRATTI et al., 2009; SILVA et al., 2014). Uma vez que a heterogeneidade possa ser percebida pelo animal, o processo de seleção de dietas pode ocorrer em diversos níveis: em sítios de alimentação dentro de uma pastagem; em espécies dentro do sítio; ou em órgãos dentro da planta. Esse nível de seleção depende não somente das características do pasto, mas também da capacidade de seleção do próprio animal (GONÇALVES et al., 2009).

Os fatores que afetam a preferência estão relacionados às características da forragem, ao clima e ao manejo do sistema solo-planta-animal (BRATTI et al., 2009). A preferência também pode variar de acordo com a espécie animal, idade e estado fisiológico do animal (SANON et al., 2007). Fatores como digestibilidade, composição química, odor, sabor e propriedades físicas como altura, influenciam na palatabilidade das diferentes espécies forrageiras, afetando as escolhas que o animal realizará para alimentar-se (PANDE et al., 2002; PROVENZA et al., 2003; SILVA et al., 2014). A preferência também é afetada por fatores como acessibilidade, disponibilidade e distribuição de determinadas espécies e partes de uma mesma espécie (BRATTI et al., 2009).

Os ruminantes geralmente selecionam dieta rica em nutrientes e com baixa concentração de toxinas com relação ao material disponível para consumo (RIBEIRO et al., 2009). As complexas interações entre nutrientes e toxinas presentes nas plantas influenciam as escolhas e o comportamento ingestivo dos animais, de maneira que os mesmos aprendem a misturar a dieta em função de suas experiências prévias em alimentar-se de uma variedade de alimentos que apresentam diferentes toxinas e valores nutricionais (AGREIL et al., 2005; PAPACHRISTOU et al., 2005).

Os animais selecionam o alimento com base na cor, odor, sabor e textura. Por exemplo, a dureza das folhas está geralmente relacionada com o seu teor de lignina e conseqüentemente com menor digestibilidade, enquanto folhas verdes e novas

estão relacionadas a maior conteúdo de nitrogênio. Além disso, os ruminantes podem aprender sobre a qualidade nutricional de determinado alimento associando as consequências pós-ingestão com suas propriedades sensoriais (PROVENZA et al., 2003). Assim, após o consumo de um alimento específico e as consequências positivas ou negativas após a ingestão do mesmo, o animal aprenderá a discernir qual alimento apresenta maior valor nutricional e qual apresenta maior quantidade de toxinas (DUNCAN et al., 2007). O resultado desse aprendizado leva os animais a aumentarem o consumo de plantas com maiores valores nutricionais e limitarem o consumo de plantas com elevada toxicidade ou baixa qualidade (PAPACHRISTOU et al., 2005).

Caprinos e ovinos exploram o meio em que se encontram de maneiras diferentes e apresentam preferência por diferentes espécies vegetais, diferentes alturas e partes da mesma planta (OSORO et al., 2013). Ambas as espécies são conhecidas por alimentar-se de diferentes espécies forrageiras e por apresentarem a capacidade de diferenciar alimentos, escolhendo aqueles com maior valor nutricional e evitando os alimentos com alto teor de toxinas ou baixa digestibilidade (NGWA et al., 2000).

Os caprinos apresentam focinho estreito e móvel, podendo mover sua boca mais facilmente entre estruturas de proteção das plantas, como espinhos, para arrancar folhas pequenas. Esta pode ser uma das razões pelas quais os caprinos são considerados animais selecionadores e realizam isto de maneira mais eficiente que os ovinos (PAPACHRISTOU et al., 2005). Além disso, os caprinos são animais ágeis que apresentam capacidade de assumir postura bípede enquanto buscam por alimentos, permitindo a captura de alimentos de difícil alcance, especialmente em espécies arbóreas, o que permite melhor adaptação a diferentes situações, especialmente na falta de alimentação herbácea (EL AICH et al., 2007).

Ovinos são bastante seletivos do ponto de vista nutricional. Os animais preferem folhas a caules, e material succulento a seco, porém a fome tende a modificar a seletividade (PAULA et al., 2009). Jensen (2002) relatou que ao dar aos ovinos a chance de escolher entre trevo e gramíneas, o trevo foi a primeira escolha. Porém, essa não foi a preferência total, pois ao permanecerem com livre escolha os animais ingeriram aproximadamente 70% da sua dieta em trevo e o restante foi composto de gramíneas. A escolha pela leguminosa estaria relacionada com a busca do animal em suprir suas exigências nutricionais mais rapidamente. Em

contraste com esta afirmação, Gill (2004) afirmou que os ovinos, na presença de gramíneas e alfafa à vontade, na maioria das vezes, selecionavam a gramínea primeiro, apesar da superioridade nutricional da alfafa.

De acordo com Silva et al. (2014), os caprinos apresentam preferência por maiores alturas de pasto, selecionando locais para pastejar com estruturas mais altas que a média de altura da pastagem. Macedo et al. (2015) avaliaram a influência da altura do pasto sobre o comportamento em pastejo de caprinos e observaram que em pasto de capim-marandu a ingestão aumenta quando a pastagem é manejada a 60 cm de altura.

O melhor conhecimento sobre as preferências entre diferentes tipos de animais, como espécie, raça, indivíduo, idade e estado corporal, favorece o entendimento e a predeterminação da dieta que eles irão selecionar nas várias condições de pastagens. Com isso, é possível ofertar ao animal alimentos que resultem em maior produtividade (BRATTI et al., 2009). O comportamento ingestivo e a seletividade são importantes dentro dos sistemas de produção, pois determinam a ingestão diária de nutrientes pelos animais e o impacto dos mesmos no ambiente pastoril. Portanto, a compreensão do comportamento dos ruminantes frente à oferta de alimentos é essencial para melhorar e adaptar o manejo do ambiente em que o animal encontra-se, além de promover aumentos na produtividade (PRACHE et al., 1998).

1.2.2.2 Monitoramento contínuo de bocados

Em estudos de comportamento ingestivo e preferência alimentar de ruminantes, uma questão central é compreender como a estrutura e a composição da vegetação influenciam a taxa na qual os animais ingerem o material vegetal e consequentemente os nutrientes. Esta compreensão é necessária, pois os animais pastam seletivamente, mudando seu comportamento de acordo com os diferentes tipos de pastagens, em termos de altura, estágio fenológico e composição morfológica das espécies vegetais (BONNET et al., 2015).

O pastejo é o processo no qual os herbívoros alimentam-se de pastos e frequentemente de plantas arbóreas. Neste processo os animais têm o desafio de

explorar um ambiente diverso, com diferentes componentes nutricionais, sendo necessária a tomada de decisões sobre a escolha do alimento. Estas decisões são definidas em diferentes escalas espaço-temporais, sendo influenciadas por fatores bióticos e abióticos (CARVALHO et al., 2015).

A ingestão de alimentos é uma variável central em muitos estudos de pastejo. Em escala diária, o estudo da ingestão é utilizado para entender e prever o desempenho animal ou a produtividade. Já em escala instantânea, a estimativa da ingestão é medida direta da capacidade do animal em obter matéria seca e nutrientes em um determinado tipo de vegetação (AGREIL et al., 2005). Estudar o processo de ingestão de alimentos permite compreender as restrições de forrageamento e os mecanismos que ligam as propriedades da vegetação às escolhas alimentares do animal (BONNET et al., 2011).

Para entender o comportamento de pastejo em vegetação complexa, ou seja, com diferentes espécies e estruturas, deve-se atentar para a unidade básica do processo de pastejo, o bocado (CARVALHO et al., 2009). Métodos de observação direta dos bocados parecem ser instrumentos adequados para obtenção de dados sobre diferentes tipos de vegetação e em diferentes escalas de tempo (AGREIL et al., 2006; GONZÁLEZ-PECH et al., 2015). Durante os últimos 30 anos estes métodos têm sido amplamente utilizados para uma variedade de espécies de ruminantes e complexas formações de vegetações (AGREIL e MEURET, 2004).

O método do monitoramento contínuo de bocados consiste na observação direta dos bocados e permite a estimativa contínua da massa de bocado, o tempo utilizado por bocado, a taxa de ingestão instantânea, a seleção de espécies de plantas e partes de uma mesma planta em relação à vegetação local, tanto em ambientes simples ou complexos (BONNET et al., 2015).

Conforme Agreil e Meuret (2004) e Bonnet et al. (2015), para cada espécie animal e complexidade do ambiente em que ele se encontra são desenvolvidos códigos de bocados para a observação e monitoramento dos mesmos. Dessa maneira, para cada situação deve-se seguir um protocolo inicial, o qual se baseia nos seguintes passos: a) familiarização mútua, b) desenvolvimento do conjunto de códigos de bocados e, c) treinamento dos observadores. A familiarização mútua tem como objetivo conseguir que tanto animais quanto os observadores estejam habituados uns com os outros, sendo que ao final deste processo o observador deve ser capaz de mover-se ao redor do animal avaliado a uma distância de 0,5 a 2

metros sem causar mudanças no comportamento do indivíduo ou do grupo. O desenvolvimento do conjunto de códigos de bocados tem como objetivo permitir ao observador gravar em tempo real uma descrição detalhada de todos os bocados realizados pelo animal, diferenciando a posição das partes selecionadas da planta e permitindo a percepção das diferenças nutricionais dos bocados. O treinamento dos observadores tem como objetivo permitir que os avaliadores sejam capazes de identificar os códigos dos bocados assim como as diferentes espécies existentes dentro da área de avaliação.

Após realizados os passos iniciais, deve-se seguir o protocolo de aquisição dos dados, que corresponde à avaliação propriamente dita por meio da observação direta dos bocados e gravação dos mesmos, utilizando como recurso um gravador de áudio, com duração variável dependendo da proposta científica do trabalho que está sendo realizado. Posteriormente à avaliação faz-se a transferência dos códigos para um software específico (JWatcher®, <http://www.jwatcher.ucla.edu/>, verificado 25 Outubro 2014; The Observer, Noldus Information Technology®, The Netherlands).

A massa de bocado e os valores nutricionais dos bocados são estimados através da coleta manual das partes das plantas correspondentes aos códigos de bocados de cada espécie encontrada na área de avaliação, sendo a coleta proporcional ao número de observações de cada bocado.

Através do método do monitoramento contínuo de bocados, é possível avaliar e compreender a dinâmica do pastejo de herbívoros em diferentes vegetações e em diferentes escalas (GONZÁLEZ-PECH et al., 2015). A observação direta do comportamento ingestivo dos animais permite identificar processos naturais relevantes na escolha dos alimentos e compreender a razão de tais escolhas, permitindo inferir em decisões acerca do manejo de pastagens, permitindo maximizar o consumo pelo animal e a produtividade, melhorando o ambiente em que o mesmo se encontra e propiciando identificar possibilidades para manipular as escolhas realizadas pelos animais (BONNET et al., 2015).

1.2.2.3 Condicionamento aversivo à alimentos

O estabelecimento das árvores na implantação de um SIPA constitui-se numa fase crítica, pois os danos causados pelos animais, neste período, podem comprometer o sucesso do sistema. Este fato gerou a busca por mecanismos que pudessem contornar o assédio dos animais às árvores na fase juvenil, tais como substâncias repelentes e proteção física (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 2012). Diferentes formas de proteção de mudas têm sido utilizadas, incluindo estacas com espiral de arame farpado, cercas de bambu e cerca elétrica. Porém, a proteção física das mudas é onerosa, desencorajando o produtor a utilizá-la (NICODEMO et al., 2004). Entretanto, quando não há barreiras físicas, os danos provocados por pisoteio ou ramoneio nas mudas podem ser altos (CURADO FILHO et al., 2008).

Os repelentes se baseiam na utilização dos sentidos para provocar aversão nos animais (NICODEMO, 2006). Os sentidos em questão são o paladar, olfato e dor (CURADO FILHO et al., 2008). Dentre os repelentes utilizados em estudos realizados para evitar o consumo do componente arbóreo pelos animais, cita-se o uso de produtos naturais ou químicos, os quais são aplicados diretamente na planta ou incorporados na mesma. Com relação aos produtos naturais ou orgânicos, há relatos do uso de fezes e urina de predadores, sangue seco diluído e ovos putrefeitos (NOLTE, 2003). Com relação aos compostos químicos utilizados como repelentes pode-se citar o benzoato de denatônio (LEHMKUHLER et al., 2003) e apomorfina (ZAHORIK e HOUPPT et al., 1990), sendo utilizados também em grande parte dos estudos sobre repelentes, compostos químicos comerciais para o uso com diferentes espécies de herbívoros, especialmente cervídeos (SANTILLI et al., 2004).

Outras maneiras de evitar o consumo das árvores nestes sistemas têm sido estudadas, tendo destaque o condicionamento aversivo a alimentos, que é uma forma de aprendizado no qual há mudança no comportamento do animal e este passa a evitar o consumo de determinado alimento, o qual fora associado à sensação de desconforto como a náusea (MANUELIAN et al., 2014). O condicionamento aversivo é considerado uma boa ferramenta para o treinamento de animais para evitar o consumo de determinados alimentos ou plantas (RALPHS e PROVENZA, 1999), pois segundo Burritt et al. (2013) a melhor maneira de ensinar um animal a não consumir uma planta em particular é associá-la à náusea.

O condicionamento aversivo combina náusea ou desordens gastrintestinais com a ingestão do alimento. O animal associa o sabor do alimento com o desconforto e passa a evitar este alimento (NOLTE, 2003). O processo é

relativamente simples: o alimento é oferecido ao animal, que sente o odor e sabor do alimento e em seguida administra-se o emético. Uma associação é feita entre o sabor do alimento e a náusea, fazendo com que o animal recuse o alimento (BURRITT et al., 2013).

O mecanismo responsável pelo desenvolvimento da aversão ainda não está bem estabelecido, mas sugere-se que os animais aprendem quais plantas podem ingerir e quais devem evitar através de interações entre o sabor, odor e textura da planta e as consequências após a ingestão da mesma (BARBOSA et al., 2008; ALMEIDA et al., 2009). A teoria da convergência neural sugere que os nervos aferentes do sistema olfativo, gustativo e visceral convergem nos centros eméticos do tronco mesencéfalo e cérebro. Se a informação de náusea é transmitida pelo sistema visceral ao longo do mesmo caminho recentemente ativado pelo sistema olfativo e gustativo, associações entre o sabor e a náusea são formadas, fazendo com o que o animal reconheça o alimento que o fez sentir-se com náusea e então evite o seu consumo (BURRITT et al., 2013).

A eficiência do condicionamento aversivo depende do alimento que está sendo oferecido ao animal, do produto utilizado para criar a aversão, da disponibilidade de alimentos alternativos, da espécie animal que receberá o condicionamento e da idade dos animais (MANUELIAN et al., 2010). Embora aversões sejam estabelecidas facilmente, há dificuldade em mantê-las.

Diferenças no estágio fenológico ou na composição química da planta podem alterar o sabor e o odor da mesma, alterando sua atratividade ao animal. Caso o animal ingira o alimento e não sinta náusea, rapidamente a aversão acaba (BURRITT et al., 2013).

O alimento oferecido ao animal deve ser novo, ou seja, o animal não deve ter tido contato prévio com o alimento. Dessa maneira, os animais aprendem rapidamente que o alimento oferecido provoca sensação de mal-estar e passa a evitá-lo (RALPHS e PROVENZA, 1999). Em compensação, os animais devem estar acostumados aos demais alimentos oferecidos durante o processo do condicionamento aversivo para que não ocorra aversão a outro alimento (BURRITT et al., 2013).

Qualquer composto químico ou estágio fisiológico que afete o trato gastrointestinal superior ou o centro emético (que provoca vômito) do cérebro pode causar aversão. O LiCl (cloreto de lítio) é o emético mais utilizado em estudos de

comportamento, por provocar náusea sem efeitos colaterais perigosos (PROVENZA et al., 1996, BURRITT et al., 2013). É um produto solúvel em água, fácil de utilizar e seguro para o uso com animais (MANUELIAN et al., 2014). Geralmente, quando se utiliza grandes quantidades, é administrado dentro do rúmen por meio de soluções orais ou em bolus, permitindo sua diluição no fluido ruminal (RALPHS & PROVENZA, 1999).

O uso do LiCl no condicionamento aversivo é estudado em diversos trabalhos. Almeida et al. (2009) testaram diferentes métodos para a realização de condicionamento aversivo em ovinos e demonstraram que o LiCl é um método eficiente para realizar a aversão a um alimento novo aos ovinos. Manuelian et al. (2010) estudaram o efeito da raça dos animais no condicionamento aversivo, comparando 3 raças de ovinos (Manchega, Lacaune e Ripollesa) e 2 doses de cloreto de lítio (200 e 250 mg/kg PV) para evitar o consumo de folhas de oliveira e provaram que houve variação na maneira como as raças aprenderam a evitar determinado alimento através do condicionamento aversivo e que maiores doses de LiCl são capazes de manter os animais condicionados por mais tempo.

Barbosa et al (2008) em estudo com aversão em caprinos a plantas tóxicas, concluíram que os caprinos podem ser facilmente condicionados utilizando o cloreto de lítio para produzir aversão à ingestão de *M. rigida* temporariamente. Manuelian et al. (2014) realizaram o condicionamento aversivo em caprinos e ovinos com o objetivo de evitar o consumo de folhas de oliveira através do uso de LiCl, o qual apresentou-se como método eficiente na aversão realizada nas condições experimentais impostas. Doran et al. (2009) demonstraram que o LiCl foi capaz de criar aversões em ovinos a folhas de videira e que os animais condicionados quase não apresentaram impacto na plantação, enquanto que os animais não condicionados causaram danos em aproximadamente 50% das plantas.

Conforme Burritt et al. (2013), o condicionamento aversivo consiste em alguns passos, os quais devem ser seguidos com precisão para aumentar a força da aversão a determinado alimento. Primeiramente, deve ser oferecido ao animal o novo alimento e deve haver interesse no mesmo, pois assim haverá o consumo durante o condicionamento e conseqüentemente a aversão. Os animais devem permanecer em jejum na noite anterior ao condicionamento e pela manhã, em uma baia, o novo alimento é oferecido a pequenos grupos de animais. Após 5 a 15 minutos, se houver a ingestão de mais de 20 bocados do alimento, deve-se

administrar individualmente a solução de LiCl. Após este procedimento, o animal deve permanecer em outra baia apenas com água por 2 horas.

A dose de cloreto de lítio oferecida aos animais varia de acordo com o peso dos mesmos e com a força da aversão que se deseja causar. Para aversões leves, pode-se utilizar doses de 125 mg LiCl/kg PV, para aversões moderadas 150 mg/LiCl kg PV e para aversões fortes de 175 à 200 mg LiCl/kg PV (DUTOIT et. al., 1991). Faz-se a solução do cloreto de lítio misturando 750 ml de água com 500 g de LiCl, produzindo 1 litro de solução com concentração de 0.5 g de LiCl/mL. Divide-se a dose a ser utilizada por 1000 mg e multiplica-se pelo peso do animal para determinar a quantidade de solução que será fornecida ao animal.

A aversão pode ser testada no dia seguinte ao treinamento. Durante a noite os animais não recebem alimento e na manhã seguinte eles podem ser expostos à planta alvo por 5 minutos. Alguns animais podem dar alguns bocados, mas qualquer animal que der mais que 10 bocados deve receber nova dose de cloreto de lítio.

Nos dias seguintes os animais devem ser avaliados e qualquer animal que coma a planta-alvo deve ser retirado do grupo ou receber nova dose de cloreto de lítio. Sendo assim, os animais só devem sair para a área experimental até que todos evitem o consumo da planta alvo.

1.3 REFERÊNCIAS

AGREIL, C.; MEURET, M. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. **Small Ruminant Res.**, v. 54, p. 99-113, 2004.

AGREIL, C.; FRITZ, H.; MEURET, M. Maintenance of daily intake through bite mass diversity adjustment in sheep grazing on heterogeneous and variable vegetation. **Applied Anim. Behav.Sci.**, v. 91, p. 35-56, 2005.

AGREIL, C.; MEURET, M.; FRITZ, H. Adjustment of feeding choices and intake by a ruminant foraging in varied and variable environments: new insights from continuous bite monitoring. In: BELS, V. (Ed.). **Feeding in domestic vertebrates: from structure to behaviour**. Wallingford: CAB International, 2006, cap. 7, p. 302-325.

ALMEIDA, M. B.; SCHILD, A. L.; BRASIL, N. D. A.; QUEVEDO, P. S.; FISS, L.; PFISTER, J. A.; RIET-CORREA, F. Conditioned aversion in sheep induced by *Baccharis coridifolia*. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 117, p. 197-200, 2009.

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. Desempenho de Seis Gramíneas Solteiras ou Consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e Eucalipto em Sistema Silvipastoril. **R. Bras. Zootec.**, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, 2003.

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Tópicos em Ciência do Solo. In: ARAÚJO, A. P.; AVELAR, B. J. R., (Eds.) **Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro...** 8. ed. Viçosa: UFV, 2013. cap. 8, p. 221-278.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G.X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 745-751, 2007.

BAGGIO, C.; CARVALHO, P. C. F.; SILVA, J. L. S.; ANGHINONI, I.; LOPES, M. L. T.; THUROW, J. M. Padrões de deslocamento e captura de forragem por novilhos em pastagem de azevém anual e aveia preta manejada sob diferentes alturas em sistema de integração lavoura-pecuária. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, n. 2, p. 215-222, 2009.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1925-1933, 2009.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p.1-12, 2011.

BARBOSA, R. R.; PACÍFICO-DA-SILVA, I.; SOTO-BLANCO, B. Development of conditioned taste aversion to *Mascagnia rigida* in goats. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 28, n. 12, p. 571-574, 2008.

BAXTER, R.; HANSSON, L. Bark consumption by small rodents in the northern and southern hemispheres. **Mammal Review**, n. 31, p. 47-59, 2001.

BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Syst.**, v. 111, p. 1-12, 2012.

BERNARDI, C. M. M.; MACEDO, H. R.; PINHEIRO, R. S. B.; FREITAS, M. L. M. Florestas plantadas de eucalipto em sistemas silvipastoris e o impacto da entrada do componente animal. **Revista Verde**, v. 9, n. 5, p. 125-132, 2014.

BONNET, O. J. F.; HAGENAH, N.; HEBBELMANN, L.; MEURET, M.; SHRADER, A. M. Is Hand Plucking an Accurate Method of Estimating Bite Mass and Instantaneous Intake of Grazing Herbivores? **Rangeland Ecol. Manag.**, v. 64, p. 366–374, 2011.

BONNET, O. J. F.; MEURET, M.; TISCHLER, M. R.; CEZIMBRA, I. M.; AZAMBUJA, J. C. R.; CARVALHO, P. C. F. Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. **Animal Prod. Sci.**, v. 55, p. 339-349, 2015.

BRATTI, L. F. S.; DITTRICH, J. R.; BARROS, C. S.; SILVA, C. J. A.; MONTEIRO, A. L. G.; ROCHA, C.; ROCHA, F. M. P. Comportamento ingestivo de caprinos em pastagem de azevém e aveia-preta em cultivo puro e consorciado. **Ciência Animal Bras.**, v. 10, n. 2, p. 397-405, 2009.

BURRITT, B.; DORAN, M.; STEVENSON, M. Training Livestock to Avoid Specific Forage. Paper 373, 2013. Disponível em: <
http://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/373 > Acesso em: 10 Set. 2014.

CAMPOS, D. T. S.; SILVA, M. C. S.; LUZ, J. M. R.; TELESFORA, R. J.; KASUYA, M. C. M. Colonização micorrízica em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 35, n. 5, p. 965-974, 2011.

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A.; DELAGARDE, R. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: MATTOS, W. R. S. (Org.). **Anais da XXXVIII Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Piracicaba, 2001, v. 1, p. 853-871.

CARVALHO, M. M.; FERITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pes. Agropec. Bras., Brasília**, v. 37, n. 5, p. 717-722, 2002.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A. Comportamento ingestivo de ruminantes: bases para o manejo sustentável do pasto. In: MANEJO SUSTENTÁVEL EM PASTAGEM, 1., 2005, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2005. p.1-20.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; TREIN, C. R.; FLORES, J. P. C.; CEPIK, C. T. C.; LEVIEN, R.; LOPES, M. T.; BAGGIO, C.; LANG, C. R.; SULC, R. M.; PELISSARI, A. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: Gottschall, C. S.; Silva, J. L. S.; Rodrigues, N. C. (Org.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas-RS, p.7-44, 2005.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Arch. Zootec.**, v. 57, p. 103-113, 2008.

CARVALHO, P. C. F.; DA TRINDADE, J. K.; MEZZALIRA, J. C.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, T. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multifuncionalidade das pastagens. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, p. 109-122, 2009.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; TERRA LOPES, M. L.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; LIMA WESP, C.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v. 88, p. 259-273, 2010.

CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. Definitions and terminologies for Integrated Crop-Livestock System. **Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 5 (Especial), p. 1040-1046, 2014.

CARVALHO, P. C. F.; BREMM, C.; MEZZALIRA, J. C.; FONSECA, L.; DA TRINDADE, J. K.; BONNET, O. J. F.; TISCHLER, M.; GENRO, T. C. M.; NABINGER, C.; LACA, E. A. Can animal performance be predicted from short-term grazing processes? **Animal Production Sci.**, v. 55, p. 319-327, 2015.

CATRY, F. X.; MOREIRA, F.; TUJEIRA, R.; SILVA, J. S. Post-fire survival and regeneration of *Eucalyptus globulus* in forest plantations in Portugal. **Forest Ecol. Manag.**, v. 310, p. 194-203, 2013.

CUBBAGE, F.; BALMELLI, G.; BUSSONI, A.; NOELLEMAYER, E.; PACHAS, A. N.; FASSOLA, H.; COLCOMBET, L.; ROSSNER, B.; FREY, G.; DUBE, F.; SILVA, M. L.; STEVENSON, H.; HAMILTON, J.; HUBBARD, W. Comparing silvopastoral systems and prospects in eight regions of the world. **Agrofor. Syst.**, v. 8, p. 303-314, 2012.

CURADO FILHO, A. U.; NICODEMO, M. L. F.; LAURA, V. A.; FAVERO, S.; ZAGO, V. C. P. Uso de produtos naturais para proteção de mudas na arborização de pastagens. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v. 9, n. 1, p. 170-178, 2008.

DEVENDRA, C. Perspectives on the Potential of Silvopastoral Systems. **Agrotechnol**, v. 3, n. 1, 2014.

DORAN, M.; HARPER, J.; INGRAM, R.; LARSON, S.; GEORGE, M.; LACA, E. Targeted Grazing - Using Aversion Trained Sheep for Vineyard Floor Vegetation Control. **Soc. Range Manag.** 62nd Society for Range Management Meetings, Albuquerque, 2009, NM. Abstract 1020-3.

DUNCAN, A. J.; ELWERT, C.; VILLALBA, J. J.; YEARSLEY, J.; POULOPOULOU, I.; GORDON, I. J. How does pattern of feeding and rate of nutrient delivery influence conditioned food preferences? **Oecologia**, v. 153, p. 617-624, 2007.

DUTOIT, J. T.; PROVENZA, F. D.; NASTIS A. Conditioned taste aversions: How sick must a ruminant get before it learns about toxicity in foods? **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 30, p. 35-46, 1991.

EL AICH, A.; EL ASSOULI, N.; FATHI, A.; MORAND-FEHR, P.; BOURBOUZE, A. Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. **Small Ruminant Res.**, v. 70, p. 248-256, 2007.

FERREIRA, L. M. M.; CELAYA, R.; BENAVIDES, R.; JÁUREGUI, B. M.; GARCÍA, U.; SANTOS, A. S.; GARCÍA, R. R.; RODRIGUES, M. A. M.; OSORO, K. Foraging behaviour of domestic herbivore species grazing on heathlands associated with improved pasture areas. **Livestock Sci.**, v. 155, p. 373-383, 2013

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51 p. **Documentos: 74**. Disponível em: < <http://goo.gl/SVlgT8> > Acesso em: 19 Set. 2015.

GARRETT, H. E.; KERLEY, M. S.; LADYMAN, K. P.; WALTER, W. D.; GODSEY, L.D.; VAN SAMBEEK, J. W.; BRAUER, D.K. Hardwood silvopasture management in North America. **Agrofor Syst**, v. 61, p. 21-33, 2004.

GILL, W. Applied sheep behaviour - Agricultural Extension Service. Knoxville: The University of Tennessee. p. 1-24, 2004.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

GONÇALVES, E. N.; CARVALHO, P. C. F.; DEVINCENZI, T.; LOPES, M. L. T.; FREITAS, F. K.; JACQUES, A. V. A. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, n. 11, p. 2121-2126, 2009.

GONZÁLEZ-PECH, P. G.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; SANDOVAL-CASTRO, C. A.; TUN-GARRIDO, J. Feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed differently. **Small Ruminant Res.** 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.08.020> > In press.

HERRERO, M. et al. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327, p. 822-825, 2010.

JENSEN, P. The study of animal behaviour and its applications. In: **The Ethology of Domestic Animals**: An Introductory Text. Oxon: CABI Publishing, p. 159-172, 2002.

LEHMKUHLER, J. W.; FELTON, E. E. D.; SCHIMIFT, D. A.; BADER, K. J.; GARRETT, H. E.; JERLEY, M. S. Tree protection methods during the silvopastoral-system establishment in midwestern USA: Cattle performance and tree damage. **Agrofor. Syst.**, v. 59, p. 35-42, 2003.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v. 190, p. 4-8, 2014.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; FRANZLUEBBERS, A.; CHABBI, A. Grassland–cropping rotations: an avenue for agriculture diversification to reconcile high production with environmental quality. **Environ. Manag.**, 2015. Disponível em: <DOI 10.1007/s00267-015-0561-6> Acesso em: 10 Set. 2015.

LÓPEZ-DIAS, M. L.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MOSQUERA-LOSADA, M. R. Influence of pasture botanical composition and fertilization treatments on tree growth. **Forest Ecol. Manag.**, v. 257, p. 1363-1372, 2009.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 368 p.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACEDO, E. O.; OLIVEIRA, M. E.; SILVA, P. C.; RIBEIRO, A. M.; OLIVIERA, G. L.; ANDRADE, A. C.; RODRIGUES, M. M. Consumo e comportamento ingestivo de cabras em pasto de capim-marandu. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 2175-2184, 2015.

MACHADO, M. S.; FERREIRA, L. R.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MORAES, H. M. F.; GONÇALVES, V. A.; FELIPE, R. S. Eucalyptus growth in silvopastoral system under different crown diameters. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v. 31 n. 4, 2013.

MANUELIAN, C. L.; ALBANELL, E.; SALAMA, A. A. K.; CAJA, G. Conditioned aversion to olive tree leaves (*Olea europaea* L.) in goats and sheep. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 128, p. 45-49, 2010.

MANUELIAN, C. L.; ALBANELL, E.; ROVAI, M.; SALAMA, A. A. K.; CAJA, G. Effect of breed and lithium chloride dose on the conditioned aversion to olive tree leaves (*Olea europea* L.) of sheep. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 155, p. 42-48, 2014.

MEDRADO, M. J. S.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; DERETI, R. M.; FONSECA, L. R.; MAIER, T. F.; PINTON, A. L. M. Danos Provocados em Eucalipto por Bovinos Criados em Sistema Silvopastoril no Município de Cruzmaltina, PR. **Comunicado técnico 243**. Colombo, PR, Dezembro, 2009.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. N.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; GONTIJO NETO, M. M.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, J. B.; FERREIRA, A. D. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (Org.) **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Brasília: Embrapa, 2012, p. 95-121.

MEZZALIRA, J. C.; CARVALHO, P. C. F.; FONSECA, L.; BREMM, C.; REFFATI, M. V.; POLI, C. H. E. C.; TRINDADE, J. K. Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo. **R. Bras. Zootec.**, v. 40, n. 5, p. 1114-1120, 2011.

MURGUEITIO, E.; CALLE, Z.; URIBE, F.; CALLE, A.; SOLORIO, B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecol. Manag.**, v. 261, n. 10, p. 1654-1663, 2011.

MYBURG, A. A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G. A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R. D.; GRIMWOOD, J.; JENKINS, J.; LINDQUIST, E.; TICE, H.; BAUER, D.; et. al. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, v. 510, p. 356-362, 2014.

NGWA, A. T.; PONE, D. K.; MAFENI, J. M. Feed selection and dietary preferences of forage by small ruminants grazing natural pastures in the Sahelian zone of Cameroon. **Animal Feed Sci. Technol.**, v. 88, p. 253-266, 2000.

NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; THIAGO, L. R. L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A. Sistemas silvipastoris - introdução de árvores na pecuária do Centro-Oeste brasileiro. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, **Documentos**, 2004.

NICODEMO, M. L. F. Uso de repelentes na proteção de árvores dos danos provocados por herbívoros vertebrados. **Doc. 157**, Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 33 p., 2006.

NOLTE, D. L. Repellents are socially acceptable tools. **Western Forester**, v. 48, p. 22-23, 2003.

OSORO, K.; FERREIRA, L. M. M.; GARCÍA, U.; JÁUREGUIA, B. M.; MARTÍNEZA, A.; GARCÍA, R. R.; CELAYA, R. Diet selection and performance of sheep and goats grazing on different heathland vegetation types. **Small Ruminant Res.**, v. 109, p. 119-127. 2013.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; MALAQUIAS JR, J.D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, 2009.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; GOMIDE, C. A. M.; MAURÍCIO, R. M.; PIRES, M. F. A.; MÜLLER, M. D.; XAVIER, D. F. Performance of dairy heifers in a silvopastoral system. **Livestock Sci.**, v. 141, p. 166-172, 2011.

PAGIOLA, S.; RAMÍREZ, E.; GOBBIC, J.; HANNA, C.; IBRAHIMC, M.; MURGUEITIOD, E.; RUÍZA, J. P. Paying for the environmental services of silvopastoral practices in Nicaragua. **Ecol. Economics**, v. 64, p. 374- 385, 2007.

PANDE, R. S.; KEMP, P. D.; HODGSON, J. Preference of goats and sheep for browse species under field conditions. **New Zealand J. Agric. Res.**, v. 45, p. 97-102, 2002.

PAPACHRISTOU, T. G.; DZIBA, L. E.; PROVENZA, F. D. Foraging ecology of goats and sheep on wooded rangelands. **Small Ruminant Res.**, v. 59, p. 141–156, 2005.

PAULA, E. F. E.; STUPAK, E. C.; ZANATTA, C. P.; PONCHEKI, J. K.; LEAL, P. C.; MONTEIRO, A. L. G. Comportamento ingestivo de ovinos em pastagens: Uma revisão. **R.Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 1, p. 42, 2009.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Arborização de pastagens como prática de manejo ambiental e estratégia para o desenvolvimento sustentável no Paraná. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. da C. (Org.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília, DF: FAO, 2001, p. 235-255.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L.; DERETI, R. M. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo. Colombo: **Embrapa Florestas**. 2009. 48p.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MOLETTA, J. L.; PONTES, L. S.; OLIVEIRA, E. B.; PELISSARI, A.; CARVALHO, P. C. F. Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. **Pesq. Flor. Bras.**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 183-192, 2012.

PRACHE, S.; GORDON, I. J.; ROOK, A. J. Foraging behaviour and diet selection in domestic herbivores. **Annales de zootechnie**, v. 47, p. 335-345, 1998.

PROVENZA, F. D. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 2010-2020, 1996.

PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MORAES NETO, S. P.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas no sistema

de integração lavoura-pecuária-floresta. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 276**. Embrapa Cerrados, Cerrados, DF, 2010.

RALPHS, M. H.; PROVENZA, F. D. Conditioned food aversions: principles and practices, with special reference to social facilitation. **Proc. Nutr. Soc.**, v. 56, p. 813-820, 1999.

RIBEIRO, V. L.; BATISTA, A. M. V.; CARVALHO, F. F. R.; SILVA, M. J. Seletividade e composição da dieta ingerida por caprinos recebendo alimentação à vontade e restrita. **R. Bras.de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 91-94, 2009

SANDERSON, M. A.; ARCHER, D.; HENDRICKSON, J.; KRONBERG, S.; LIEBIG, M.; NICHOLS, K.; SCHMER, M.; TANAKA, D.; AGUILAR, J. Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop-livestock systems. **Renewable Agric. Food Syst.**, v. 28, n. 2, p. 129-144, 2013.

SANTILLI, F.; MORI, L.; GALARDI, L. Evaluation of three repellents for the prevention of damage to olive seedlings by deer. **Eur. J. Wildl.**, v. 50, p. 85-89, 2004.

SANTOS, B. R. C.; VOLTOLINI, T. V.; SALLA, L. E. Comportamento de pastoreio. **R. Electrónica Vet.**, v. 11, n. 4, 2010. Disponível em: < <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040410.html> > Acesso em: 20 Nov. 2015.

SILVA, C. J. A.; DITTRICH, J. R.; MONTEIRO, A. L. G.; MORAES, A.; BARROS, C. S.; OLIVEIRA, E. B. Preferência de caprinos em pastejo: efeito da altura dos dosséis das forrageiras aruana e hemátria. **Ciência Animal Bras.**, v. 10, n. 3, p. 698-710, 2009.

SILVA, C. J. A.; DITTRICH, J. R.; MONTEIRO, A. L. G.; FERNANDES, S. R.; PINTO, P. H. N.; SCHMIDT, P. Ingestive behavior of goats under four grazing conditions. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 12, n. 3, p. 173-180, 2014.

SKARPE, C.; JANSSEN, I.; SELJELI, L.; BERGSTRÖM, R.; ROSKRAFT, E. Browsing by goats on three spatial scales in a semi-arid savanna. **J. Arid Environ.**, v. 68, p. 480-491, 2007.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **R. Bras. Zootec.**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

VENTURIN, R. P.; GUERRA, A.R.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MESQUITA, H. A. Sistemas agrossilvipastoris: origem, modalidades e modelos de implantação. Belo Horizonte: **Informe Agropecuário**, v. 31, p. 16-24, 2010.

VIEIRA, A. R. R.; FEISTAUER, D.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvicultural, submetidas a extremos climáticos de geada na região de Florianópolis. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 627-634, 2003.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FERREIRA, D. J.; GRAÑA, A. L.; GRAÑA, G. L. Comportamento ingestivo de ovinos e caprinos em pastagens de diferentes estruturas morfológicas. **R. Electrónica Vet.**, v. 7, n. 3, 2006. Disponível em: < <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030306.html> > Acesso em: 19 Out. 2015.

ZAHORLK, D. M.; HOUPPT K. A. Taste-aversion learning in three species of ruminants. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 26, p. 27-39, 1990.

2 CAPÍTULO II – Diet selection by sheep and goats in an Integrated Crop-Livestock System with *Eucalyptus dunnii* (Maiden).¹

2.1 ABSTRACT

The integration of trees, pastures and livestock can increase the productivity of the system and provide benefits from the synergistic interactions of system components. Understanding the diet selection in herbivores is essential for optimize forage utilization and pasture management. The objective of this paper was to study the diet selection of sheep and goats grazing under two pasture conditions with the presence of *Eucalyptus dunnii* (Maiden) and to investigate if pasture condition could change the feed preference of animals. Two experiments were carried in a randomized block design with two treatments and four replicates. Treatments consisted of two sward heights. The diet selection of sheep and goats was determined using the continuous bite-monitoring method. Sixteen bite categories were identified for sheep and twenty-two for goats. There was difference on the ingestive behavior and diet selection of sheep and goats in both treatments ($P < 0.05$). Sheep consumed a greater variety of plant species. However, goats consumed a larger variety of parts of the same species. Goats performed a lower number of bites in both sward heights, but the weight of the material consumed was higher ($P < 0.05$). There was no consumption of eucalyptus by sheep and goats did not consume red clover ($P < 0.05$). Sheep showed a similar diet selection in both sward heights, with a higher consumption of grass in the low sward height. Goats preferred grass in both sward heights. The pasture condition changed the feeding preference of goats, with a higher consumption of eucalyptus in the low sward height and between the eucalyptus bites, there was a higher consumption of bark ($P < 0.05$).

Key-words: preference, ingestive behavior, continuous bite monitoring

¹ Artigo elaborado de acordo com a norma interna nº 07/2011 do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – área de concentração Produção Vegetal.

Seleção de dietas de ovelhas e cabras em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária com a presença de *Eucalyptus dunnii* (Maiden).

2.2 RESUMO

A integração de árvores, pastagem e animais permite um aumento na produtividade do sistema e promove benefícios através das interações sinérgicas dos componentes do sistema. Compreender a seleção de dietas dos herbívoros neste sistema é essencial para otimizar o uso da forragem e o manejo da pastagem. O objetivo deste trabalho foi estudar a seletividade e o comportamento ingestivo de ovelhas e cabras em duas condições de pasto com a presença de *Eucalyptus dunnii* (Maiden) e investigar se a condição do pasto pode alterar a preferência alimentar dos animais. Dois experimentos foram realizados em um delineamento de blocos ao acaso, com dois tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de duas alturas do pasto. A seleção de dietas foi determinada através do uso do método do monitoramento contínuo de bocados. Dezesesseis categorias de bocados foram identificadas para ovelhas e vinte e duas para cabras. Houve diferença no comportamento ingestivo e seleção de dietas entre ovelhas e cabras nos dois tratamentos ($P < 0.05$). Ovelhas consumiram maior variedade de espécies. Entretanto, cabras consumiram maior variedade de partes de uma mesma espécie. Cabras realizaram um menor número de bocados nas duas alturas de pasto, porém o peso do material consumido foi maior ($P < 0.05$). Não houve consumo de eucalipto pelas ovelhas e cabras não consumiram trevo vermelho ($P < 0.05$). Ovelhas apresentaram comportamento e consumo semelhantes nas duas alturas de pasto, com maior consumo de gramíneas no pasto alto. Cabras apresentaram preferência por gramíneas em ambas as alturas de pasto. A condição do pasto alterou a preferência alimentar das cabras, havendo o consumo de eucalipto pelas mesmas no pasto baixo, com preferência pela casca ($P < 0.05$).

Palavras-chave: preferência, comportamento ingestivo, monitoramento contínuo de bocados

2.3 INTRODUCTION

Integrated crop–livestock systems (ICLSs) are planned systems involving temporal and spatial interactions on different scales with animal and crop (farming and forestry) exploitation within the same area, concurrently or sequentially in rotation or succession (Moraes et al., 2014). These systems, that are arranged in various ways and complex combinations, can be developed according to the nature of the components, the objectives of production and agricultural crops involved, and in accordance with spatial scales on which the integration is implemented (Carvalho et al., 2010; Salton, et al., 2014).

The integration of trees, pastures and livestock in the same area can increase the productivity of the system and provide benefits from the synergistic interactions of the system components (Devendra, 2014). This integration can provide services such as shade that reduces heat stress on livestock (Tamayo-Chim et al., 2012), erosion control and increase soil fertility by the cover (Devendra and Thomas, 2002; Bell and Moore, 2012). Well-planned ICLS can provide an above-average in the short, medium and long-term return on investment (Kallenbach et al., 2006; Fernández-Núñez et al., 2007). *Eucalyptus* spp. are the most widely planted hardwood trees in the world (Myburg et al., 2014) and are among the prevalent tree species in ICLS in Brazil (Balbino et al., 2011).

The animal's entry into the pasture with trees is often delayed because of the potential damage that the animals can cause in the early stages of trees development (Garrett et al., 2004). It is expected that animals will consume small amounts of branches and leaves if they are accessible (Guerreiro et al., 2015). Facing scarcity of feed resources, the increase in consumption of the tree component can result in deformity and loss of tree growth (Sanon et al., 2007).

Goats and sheep are known as browsers and they can search for different plants and parts of the same plant to satisfy their needs for nutrients (Papachristou et al., 2005). Due to different eco-physiological adaptations, domestic herbivores species exploit the available plant resources differently and depending on the available quantity and nutritive value of vegetation, they will adapt their foraging behavior (Ferreira et al., 2013). Animals use plant communities differently and their

preferences are affected by how they learn to use the heterogeneity of landscapes to obtain their nutritional requirements (Sanon et al., 2007; Meuret and Provenza, 2014).

Throughout grazing behavior and selectivity, animal shows characteristics of its pastoral environment (Campana et al., 2015). Understanding food preferences in herbivores is essential for optimizing forage utilization and pasture management (Favreau et al., 2010).

The objective of this paper was to study the diet selection and ingestive behaviour of sheep and goats grazing pastures with the presence of *Eucalyptus dunnii* (Maiden) trees and to investigate if the pasture height could change the feeding preference and behavior of the animals.

2.4 MATERIALS AND METHODS

2.4.1 Experimental site

Two experiments were performed in the same experimental area. Experiment 1 was carried out in November 2014 and experiment 2 in February 2015 at Federal University of Paraná Experimental Farm, located in Pinhais, Paraná, Brazil (25°24'10.2"S, 49°07'05.7"W, 920 m altitude). The climate of the region is Cfb, characterized as humid subtropical in the classification of Köppen, with annual precipitation of 1400 mm, well distributed throughout the year; with mean minimum temperature of 12.5 °C and an average maximum temperature of 22.5 °C, subject to severe frosts (more than five per year). Daily mean data on temperature and precipitation were obtained from a nearby (~1 km) meteorological station. The days were similar in temperature and precipitation during the evaluation period. The first experiment, conducted in November 2014, had mean minimum temperature during the experimental period of 14.3 °C, average maximum temperature of 28 °C and average precipitation of 5.10 mm. The second experiment, conducted in February 2015, had mean minimum temperature during the experimental period of 17.1 °C,

average maximum temperature of 28.3 °C and average precipitation of 2.40 mm (Technological Institute Simepar, 2015).

The trial period of the first experiment lasted 24 days and 22 days on the second experiment. The 2000 m² experimental area had two forage species: *Paspalum urvillei* (Steudel), and *Trifolium pratense* (L.). Other species (*Sida rhombifolia* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol.) were considered weeds. The tree species in the area was 2-year old *Eucalyptus dunnii* (Maiden) with 2.10 ± 0.20 m of average height and 12.70 ± 3.90 mm of average diameter at breast height (DBH). The trees were spaced 2 m apart with rows 3 m apart. The soil of the experimental area is classified as typic dystrophic Ta Haplic Cambisol – CXvd (Sugamoto, 2002). The site was divided into eight paddocks with the same size (100 m²) and the rest of the area was used to keep the animals between the evaluation periods.

2.4.2 Animals

On experiment 1 six female crossbred (Sufolk x White Dorper) sheep aged 2 years old with 57.90 ± 1.70 kg were used and randomly allocated into 2 groups of 3 animals each. On experiment 2 four female Boer goats aged 4.5 years old and with 58.20 ± 7.60 kg of average body weight were randomly allocated into 2 groups of 2 animals each. Animals were dry and nonpregnant. In both experiments goats and sheep were distributed uniformly on treatments according to age and BW. Only two goats and two sheep were considered testers. Data obtained from the two experiments formed the basis for the comparisons of diet selection between sheep and goats in the experimental conditions.

2.4.3 Treatments

Treatments consisted of two sward heights (1 – high and 2 – low), with four replicates (paddocks). Due to time constraints, four paddocks were grazed and observed per day, two in the morning (AM block) and two in the afternoon (PM block)

in four different days. The order of plot grazing within time of day and day of evaluation was randomized for each animal species.

2.4.4 Vegetation measurements

Sward height was measured using the sward stick, according to the methodology described by Barthram (1986). These assessments were performed on the evaluation days, before and after the animals grazing. Randomly measurements were made in 200 points per paddock, totaling 400 points per evaluation. The morphological composition of pasture was determined by harvesting three forage samples per treatment in each paddock on the evaluation days. Samples were collected using a 0.25 x 0.25 m square and then the species were identified. The samples were dried in a forced air oven at 65 °C until constant weight. In order to characterize the presence of trees in the experimental area, the height and the diameter breast height (DBH) of 10% of the trees were measured (Fick, 2011).

2.4.5 Diet selection

The diet selection and dry matter intake of sheep and goat was determined using the continuous bite-monitoring method as described by Agreil and Meuret (2004) and Bonnet et al. (2015).

2.4.5.1 Mutual familiarization

The first step was the mutual familiarization procedure that aimed to get both animals and observers habituated to each other. It took 5 days because it was a small group of closely herded animals. The distance between the observers and the animals was reduced progressively and on the last day of this procedure no single

animal appeared disturbed by the presence of the observer at a distance of ~5 m. At the end of this procedure, the observers chose the tester animals, that were neither the leaders nor the fearful animals.

2.4.5.2 Design of the bite-coding grid

The bite-coding grid corresponded to a limited number of bite categories (BC) that allowed the observer to record in real time a detailed description of all bites taken by the animal. The design followed four criteria: (1) nature and position of the selected plant parts; (2) structural attributes of the tissues; (3) behavior of the animal; and (4) expected nutritional value of the bite. Equipped with a first version of the grid, the observers were trained and the effectiveness of the coding grid was tested. The training was considered completed when the observers were able to encode every single bite without hesitation. Sixteen (16) BC were identified for sheep (Fig. 1) and nineteen (19) for goats divided in pasture BC and tree BC (Fig. 2).

2.4.5.3 Data acquisition

Each evaluation lasted one hour (60 min) and during this time the observer was remaining alongside the focal individual and recording, with a digital recorder, each BC and other behaviors such as steps, drinking and resting when they occurred. Then, recordings of feeding sequences were transcribed using specific software (e.g. JWatcher®, <http://www.jwatcher.ucla.edu/>, verified 25 October 2014; The Observer, Noldus Information Technology®, The Netherlands).

2.4.5.4 Simulation of bites and laboratory processing

Each BC observed on a botanical species was manually simulated by the observer of the monitored animal at the end of the monitoring period (Bonnet et al., 2011). The more frequently the BC was recorded, the higher was the number of samples. Each sample was composed of 20 simulations and kept in paper bags. The samples were dried in a ventilated oven at 55 °C for 60 hours.

2.4.6 Statistical analysis

Data were analyzed according to a randomized block design with two treatments for each animal species. Grazing period was the blocking factor. All data were tested for normality. Data that deviated from normality were transformed using a natural logarithm transformation. Data were analyzed using linear mixed models (Zuur et al., 2009), with a general mathematical model represented by:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_j + p_k + \varepsilon_{ijk},$$

where y_{ijk} = dependent variables; μ = the overall of mean; α_i = effect of treatment; a_j = effect of animal; p_k = effect of the plot (days of evaluation and grazing period); ε_{ijk} = the residual error. The analysis were performed by ANOVA and the means that showed statistical difference among treatments ($P < 0.05$) were compared by Tukey test. Statistical analyses were conducted using R Statistical Software 3.2.1 (R Development Core Team 2015).

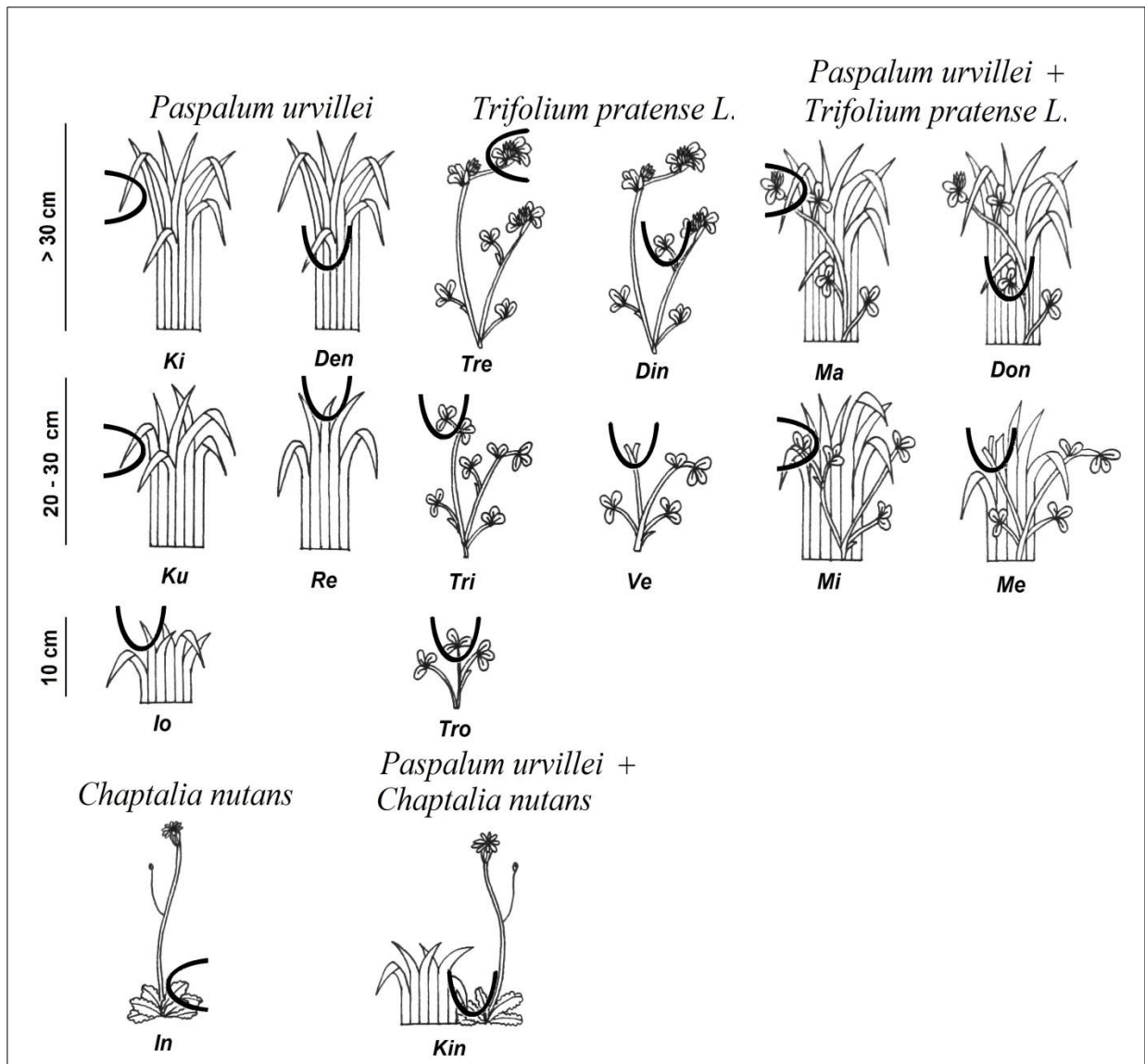


Fig 1. Bite-coding grid for sheep in a pasture formed by *Paspalum urvillei* (Steudel), *Trifolium pratense* (L.). and *Chaptalia nutans* (L.) Pol. Each pictogram illustrates the 'ideal bite' for each bite category (BC). Numbers on the left side represent plant height (cm) for the BC. Codes for each BC appear below the pictograms. BCs are grouped by general plant characteristics (height and species). The "U" shaped icon stands for the jaws of the sheep.

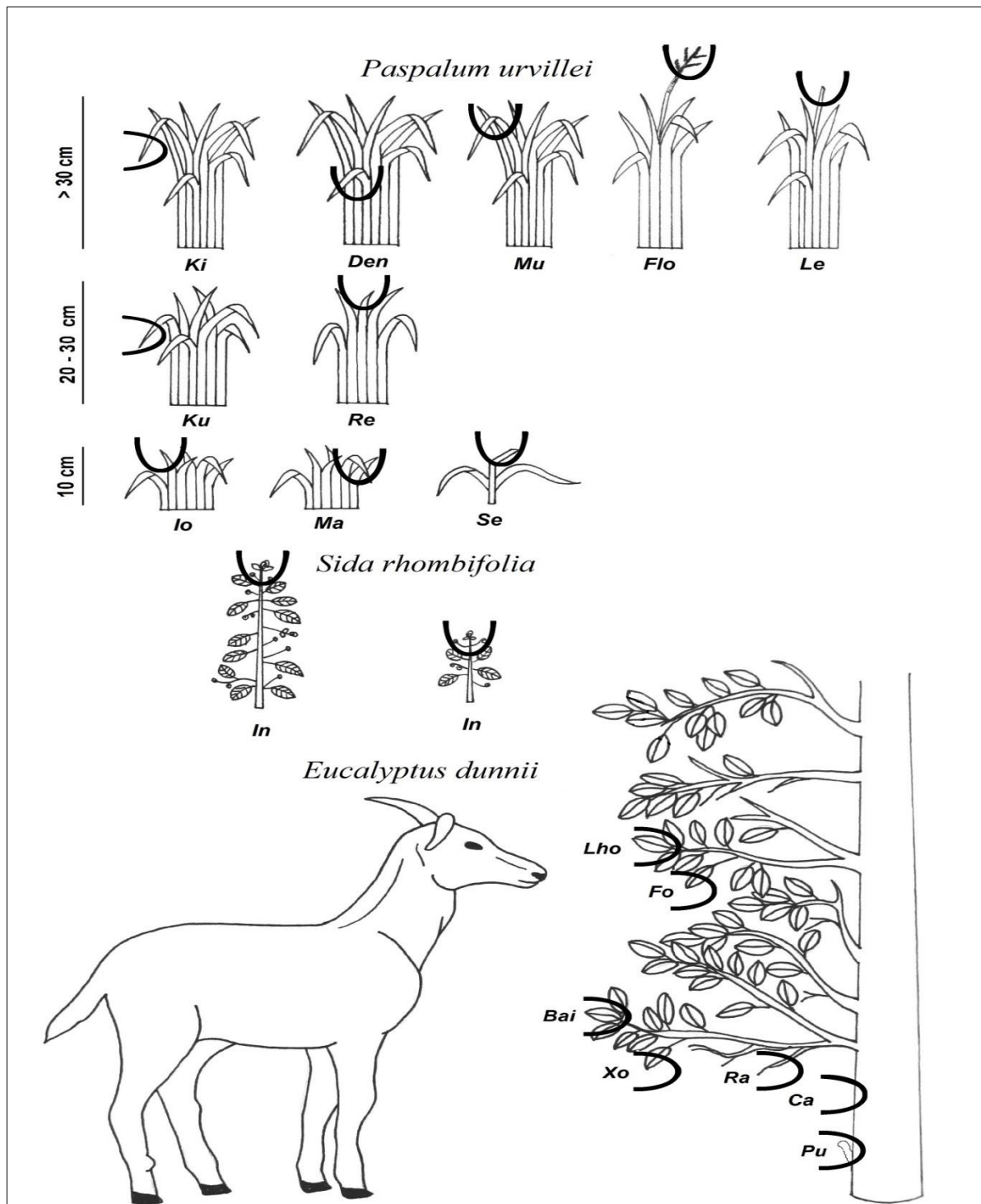


Fig 2. Bite-coding grid for goats in a pasture formed by *Paspalum urvillei* (Steudel), *Trifolium pratense* (L.), *Sida rhombifolia* (L.) and 2 years old *Eucalyptus dunnii* (Maiden). Each pictogram illustrates the 'ideal bite' for each bite category (BC). Codes for each BC appear below the pictograms. Numbers on the left side of some pictograms represent plant height (cm) for the BC. BCs are grouped by general plant characteristics (height and species). BCs differed from tree height, leaves mass per bite and structure chosen by the animal (leaves, branches or bark). The "U" shaped icon stands for the jaws of the goats.

2.5 RESULTS

2.5.1 Availability and composition of vegetation

On experiment 1, the pasture on treatment 1 was composed by Vasey's grass (*Paspalum urvillei* (Steudel)) (43.6%), red clover (*Trifolium pratense* (L.)) (38.9%) and weeds (17.5%), such as *Sida rhombifolia* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol. ($P < 0.05$). The mean sward height was 25 cm. On treatment 2, the pasture was composed by *Paspalum urvillei* (Steudel) (44.8%), *Trifolium pratense* (L.) (38%) and weeds (17.2%) ($P < 0.05$). Mean sward height was 10.2 cm.

On experiment 2, the pasture on treatment 1 was composed by Vasey's grass (*Paspalum urvillei* (Steudel)) (65.6%), red clover (*Trifolium pratense* (L.)) (21%) and weeds (13.4%), such as *Sida rhombifolia* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol. ($P < 0.05$). The mean sward height was 48.9 cm. On treatment 2, the pasture was composed by *Paspalum urvillei* (Steudel) (56.5%), *Trifolium pratense* (L.) (28.3%) and weeds (15.2%) ($P < 0.05$). Mean sward height was 10.4 cm. There was statistical difference between all species in both treatments and experiments ($P < 0.001$).

The proportion of grass and weed did not differ in both treatments before and after the grazing period for goats and sheep, however, the proportion of red clover decrease after the grazing period in both treatments for sheep (31.8% on the high sward height and 25.4% on the low sward height) ($P < 0.05$).

2.5.2 Bite categories

Bite categories explained 95% of the total variance in the dry mass of the simulated bites for sheep and 94% for goats. Goats performed 11 bite types for grass, 1 bite type for *Sida rhombifolia* and 7 bite types for eucalyptus, 4 for leaves, 1 for branch and 2 for bark. Sheep performed 5 bite types for grass, 5 bite types for red clover, 1 bite type for *Chaptalia nutans* (L.) Pol., 4 bite types corresponding to the

combination of grass and red clover in the same bite and 1 bite type for the combination of grass and weeds in the same bite.

The medium values of the number of bites per animal per treatment were 1205.3 bites for sheep on treatment 1 (min: 1109, max: 1363) and 1254.8 bites on treatment 2 (min: 1034, max: 1451), and 949.4 bites for goats on treatment 1 (min: 870, max: 1034) and 761.9 bites on treatment 2 (min: 685, max: 842) ($P < 0.05$) (Table 1). The number of bites carried by sheep did not differ between the two pasture sward heights. There was difference in the number of bites carried by goats grazing in the two sward heights, with higher number of bites in the higher sward height ($P < 0.05$).

Table 1. Number of observed bites and intake (g/DM) corresponded to the different vegetal species consumed by sheep and goats in two sward heights (high and low).

Sward height	Animals	Number of observed bites				
		Total of bites	Species			
			<i>P. urvillei</i>	<i>T. Pratense</i>	Weeds	<i>E. dunnii</i>
High	Sheep	1205.3±72.8a	522.6±140.8a	502.9±56.9a	179.8±73.3b	0c
		100%	43.4%	41.7%	14.9%	0%
Low	Sheep	1254.8±134.8a	581.6±200a	399.1±168b	274.1±91.66c	0d
		100%	46.3%	31.8%	21.9%	0%
High	Goats	949.4±48.7b	915.4±39.6a	0b	28.5±13.4b	5.5±3.4b
		100%	96.4%	0%	3%	0.6%
Low	Goats	761.9±41.9c	511.9±79.4a	0c	29.2±10.3c	220.8±32.3b
		100%	67.2%	0%	3.8%	29%
Bite mass (g/DM)						
		Intake (g /DM)	Species			
			<i>P. urvillei</i>	<i>T. Pratense</i>	Weeds	<i>E. dunnii</i>
High	Sheep	103.3±7.5b	50.7±12.3a	42.9±5.5a	9.7±3.8b	0c
		100%	49%	41.5%	9.5%	0%
Low	Sheep	67.8±5.7c	31±10.3a	21.5±7.9b	15.3±4.9b	0c
		100%	45.4%	31.9%	22.7%	0%
High	Goats	122.7±10.6a	119.3±13.2a	0b	3±3.5b	0.4±0.4b
		100%	97.2%	0%	2.5%	0.3%
Low	Goats	61.3±6c	32.1±7.4a	0d	9.1±9.8c	20.1±11.6b
		100%	52.3%	0%	14.9%	32.8%

The values within the same line with different letters (a, b, c, d) are significantly different ($P < 0.05$).

Table 2. Bite mass of bite categories consumed by sheep and goats in an integrated crop-livestock system.

Animals	Bite Categories	Species	Bite mass (g)
Goats	Ki	<i>P. urvillei</i>	0.10±0.009e
	Ku	<i>P. urvillei</i>	0.09±0.007ef
	Io	<i>P. urvillei</i>	0.03±0.007g
	Re	<i>P. urvillei</i>	0.07±0.007f
	Mu	<i>P. urvillei</i>	0.18±0.016cd
	Ma	<i>P. urvillei</i>	0.13±0.012de
	Me	<i>P. urvillei</i>	0.05±0.030fg
	Den	<i>P. urvillei</i>	0.06±0.006f
	Le	<i>P. urvillei</i>	0.22±0.020c
	Flo	<i>P. urvillei</i>	0.22±0.027c
	Se	<i>P. urvillei</i>	0.39±0.068b
	In	Weeds	0.13±0.024de
	Fo	<i>E. dunnii</i>	0.14±0.009de
	Xo	<i>E. dunnii</i>	0.13±0.013de
	Bai	<i>E. dunnii</i>	0.37±0b
	Lho	<i>E. dunnii</i>	0.44±0.021a
	Ca	<i>E. dunnii</i>	0.07±0.009f
	Pu	<i>E. dunnii</i>	0.24±0.017c
	Ra	<i>E. dunnii</i>	0.29±0.029c
Sheep	Ki	<i>P. urvillei</i>	0.12±0.007de
	Ku	<i>P. urvillei</i>	0.11±0.002de
	Io	<i>P. urvillei</i>	0.04±0.002g
	Re	<i>P. urvillei</i>	0.06±0.003f
	Den	<i>P. urvillei</i>	0.09±0.007ef
	Tre	<i>T. Pratense</i>	0.12±0.006e
	Tri	<i>T. Pratense</i>	0.08±0.007f
	Tro	<i>T. Pratense</i>	0.04±0.007g
	Ve	<i>T. Pratense</i>	0.08±0.008f
	Din	<i>T. Pratense</i>	0.12±0.007e
	Ma	P + T	0.12±0.003e
	Mi	P + T	0.12±0.006e
	Me	P + T	0.11±0.007e
	Don	P + T	0.12±0.007e
	In	Weeds	0.05±0.003fg
	Kin	W + P	0.08±0.003ef

Values with different letters (a, b, c, e, f, g) in the bite mass column differ at $P < 0.05$.

P + T = *P. urvillei* + *T. Pratense*

W + T = Weeds + *P. urvillei*

Rate of biting (bites/min) varied according to animal species. Higher rates of biting were observed in sheep in both sward heights (20.1 and 20.9 bites/min in the high and low sward height) and lower rates were observed in goats in the low sward height (15.8 and 12.7 bites/min in the high and low sward height) ($P < 0.05$).

Bite mass varied between vegetal species and parts of the same specie (Table 2) ($P < 0.05$). Goats performed both the heavier bite (Lho – 0.44 g) and the lighter bite (lo – 0.03g) among registered bites. The bite mass of the bite types performed by sheep varied between 0.04 g and 0.12 g.

2.5.3 Diet selection and feed preference

From the shared plant-bite combinations, sheep performed lower proportions of grass bites in both sward heights ($P < 0.05$). For the grass, sheep only performed bites corresponded to leaves. Goats performed bite types for different structures of the plant as leaves, inflorescence and stem. The bite type “ku” was the most consumed by sheep (178.9/522.6) and goats (247.8/915.4) in the high sward height and the bite type “io” was the most consumed by sheep (398.9/581.6) and goats (356.6/511.9) in the low sward height.

Sheep consumed red clover bites in both sward heights and it was similar to the consumption of grass in the high sward height. The most consumed bite type for red clover by sheep in the high sward height was “tri” (242.6/502.9) and “tro” (298.5/399.1) was the most consumed bite type for red clover in the low sward height. Goats didn’t consume red clover.

Goats consumed eucalyptus in both sward heights, however, the number of bites performed in the high sward height (5.5 bites) wasn’t significant when compared to the number of bites performed in the low sward height (220.8) (Table 1) ($P < 0.05$). Among the eucalyptus bites, 75.9% corresponded to bark bites (167.5/220.8), 23.2% corresponded to leaves bites (51.2/220.8) and 0.9% to branch bites (2.1/220.8) ($P < 0.05$). Sheep didn’t perform any bite type for eucalyptus. Weeds bites were lower in both sward heights for goats. The same result was found for sheep when compared to the other plant species consumed.

Sheep and goats consumed most of their dry matter intake from grass. This consume was significantly higher in the high sward height for goats in comparison to the other plant species (97.2%) (Table 1) ($P < 0.05$). On the sward height, eucalyptus contributed to 32.8% of the DMI during the evaluation period for goats. Red clover contributed to 41.5% and 31.9% of the DMI in the high and low sward height respectively, for sheep (Fig 3.).

Number of steps was higher in the high sward height for goats than in the low sward height ($P < 0.05$). It was lower in the low sward height for sheep than in the high sward height ($P < 0.05$). Goats performed 5.6 steps/min on the high sward height and 4.62 steps/min sheep on the low sward height. Sheep performed 4.59 steps/min on the high sward height and 4.62 steps/min and 3.70 steps/min on the low sward height.

Sheep spent 47.7 min grazing in the higher sward height and other activities performed by the animals corresponded to resting and rumination. They spent 45.6 min grazing in the lower sward height and there was no difference between the time spent grazing by sheep in both sward heights.

Goats spent 44.2 min grazing in the higher sward height and 41.8 min in the lower sward height. There was no difference between the time spent grazing in both sward heights. Goats spent more time browsing on the low sward height (10.38%) than on the high sward height (3.58%) ($P < 0.05$). Sheep didn't spend time browsing on the evaluation period.

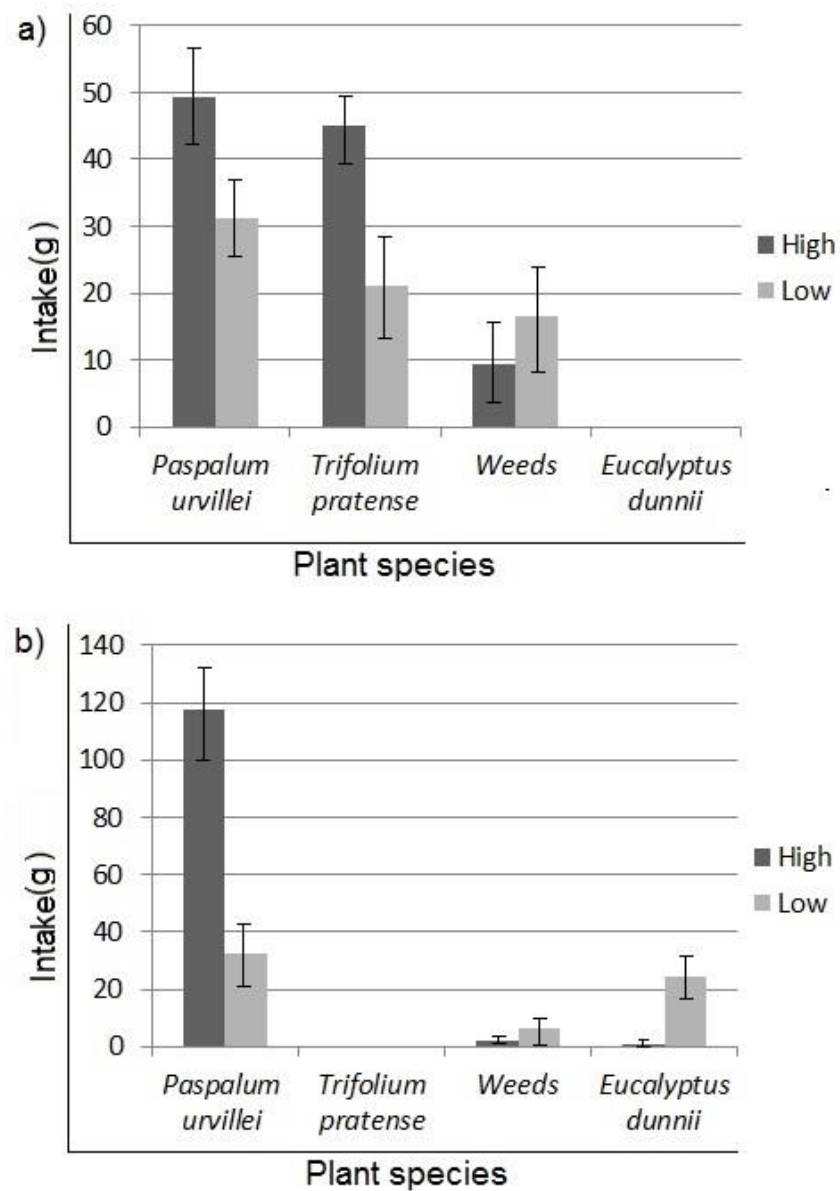


Fig 3. Dry matter intake (g) of different plant species (*Paspalum urvillei* (Steudel), *Trifolium pratense* (L.), *Eucalyptus dunnii* (Maiden), *Sida rhombifolia* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol.) a) by sheep in the high and low sward height and b) by goats in the high and low sward height in an ICLS area.

2.6 DISCUSSION

The study showed that sheep and goats used the grazing area differently in both sward heights. Sheep exploited the pasture selecting a mixed diet of grass, red

clover and weeds. Goats preferred grass among all the species in the grazing area. Odo et al. (2001) studied the grazing behavior of goats and found that goats generally showed highest preference for grasses.

The composition of the pasture was similar in both sward heights and despite the proportion of grass was higher, the proportion of red clover was close to it. The consumption of grass and red clover was similar on the high sward height by sheep, but on the low sward height they consumed more grass. When the animals are grazing a paddock consisting of an area of grass alongside a similar sized area of clover and they select a diet with a similar proportion of grass and clover, it can be said that they are mixed feeders, but it can not be distinguished if they active selected for both plant species or if the animals were just grazing at random (Rutter, 2006). However, with a higher consumption of grass, our results are in accordance with Fraser et al. (2009) who showed that sheep are generally considered to be mixed strategy feeders with preference for grass species.

The higher consumption of grass on the low sward height can be justified by Harvey and Orr (1996) who showed that on grass-clover associations, the proportion of clover in sheep diet decreases to 50% when clover was at 3 cm and grass at 9 cm.

On the pastures grazed by sheep there was a decrease on the proportion of red clover. Penning et al. (1996), found that in grass/clover pastures grazed by goats, clover content increased compared to pastures grazed by sheep, suggesting that goats and sheep selected for grass and clover differently. Clark et al. (1982) found that grasses were taken preferentially by both sheep and goats while clovers were preferentially grazed by sheep.

According to Provenza et al. (2003), hungry sheep initially prefer clover because it is more digestible than grass, but as they continue to eat clover, the excess of organic acids produced from soluble carbohydrates causes an aversion that make them eat grass, which is relatively lower in nutrients and toxins than clover. Clover can be grazed faster than grass, but sheep do not choose it exclusively (Dumont, 1997).

The bite types performed by sheep corresponded to leaves and the animals avoided stem, as shown by Lemaire et al. (2011), who affirm that sheep select leaves rather to stem. The bite types were light, resulting in lower intake, even with higher number of bites per evaluation. González-Pech et al. (2015) studying the feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest, found that sheep

harvested smaller and lighter bites than goats, resulting in a larger ingestion of dry matter and other nutrients for goats. However, according to Abijaoudé et al. (2000), goats generally have lower intake rate because they have more selective feeding behavior. Nevertheless, our study showed that because of this selectivity, goats performed a higher number of bite types for the same plant, consuming heavier structures of the plant.

Goats did not consume red clover in any treatment, supporting Clark et al. (1982) and Del Pozo et al. (1997). Goats consumed not only leaves, but stem and inflorescence (Table 2). Abijaoudé et al. (2000) showed that goats search for diversity in their ingesta by choosing feeds which they are not used to eat, what explains the diversity of bite types for the same plant species.

Changes in the environment (sward state) may have modified the preference of sheep and goats differently. Despite the similar number of bites performed by sheep and the similar diet selection in both treatments, the animals showed a preference for grass in the low sward height. Goats preferred grass in both treatments, but in the low sward height they consumed leaves and bark from eucalyptus trees (Fig 3). According to Alonso-Díaz et al. (2008), goats prefer to select from a combination of grasses and shrub plants or tree leaves, and choice seems to depend on availability. Celaya et al. (2008) showed that goat was the only species between sheep and cows browsing on trees on their study. Yakoulaki et al. (2009) studying the foraging behavior of sheep and goats on integrated systems with the presence of trees, found that goats selected higher amounts of woody species compared to sheep.

The consumption of eucalyptus leaves and bark in the low sward height suggests that the ingestive behavior of goats was influenced by sward height. Gong et al. (1996) showed that height was the most important sward variable affecting the ingestive behavior of sheep and goat in grasses and legume pasture. According to Dumont (1997), plant structures affect preferences of herbivores and factors such as sward height and degree of stemminess can have an effect.

In this study, between the bite types performed for eucalyptus, goats consumed a high number of bites related to the bark of the trees (“ca” and “pu”). According to Skarpe et al. (2007), goats seem to divide their time between foraging in the field layer on grasses and forbs and browsing leaves and bark of woody plants. On this study, as found by Odo et al. (2001), goats preferred to graze more on

grasses than trees, even when the pasture offer was low. This can be explained by the short time of the evaluation period (60 min) that wasn't long enough to cause a scarcity on the preferred food offer. The animals started grazing grasses and after a few minutes they started browsing the trees. Another explanation may be due to the period of the year in which the experiment was conducted. The diet selected by goats varies in the season and during the wet season goats select a more mixed diet of grasses and forbs, while during the dry season they spend more time browsing (Papachristou et al., 2005).

The consumption of trees by goats is related in several studies (Perevolotsky et al., 1998; Odo et al., 2001; Pande et al., 2002; Skarpe et al., 2007; Sanon et al., 2007; Sebata and Ndlovu 2010). In these studies goats show a preference for leaves, but bark and branches are also consumed, but in lower amounts.

Goats spent more time browsing in the low sward height. The results supported the view that goats are intermediate browsers (Van Soest, 1982). Similar results were found by Orihuela and Solano (1999), who showed that the height of pasture influenced on the time goats spent grazing and browsing and that browsing declined while time spent grazing increased with higher pastures. Kam et al. (2012) showed that when herbaceous plant became scarcer, goats browsed more than sheep.

Goats devoted 77,13% of their time on the range to active foraging in the high sward height and 69,65% on the low sward height. Higher results were found by Perevolotsky et al. (1998), who showed that goats spent 84% of their time grazing during the evaluation period. Our results were close to the results of Mill (1990) who showed that goats spent 77% of their time grazing. Goats spent less time grazing in the low sward height and according to Silva et al. (2014), the pasture height influences the ingestive behavior of goats and they prefer taller plants, as they search for higher forage intake.

Pakorná et al. (2013) studied the grazing response to sward and environmental conditions and showed that the time spent grazing by sheep and goats was similar in paddocks with high proportion of grasses. Celaya et al. (2008) showed that the proportion of grazing time by goats varied according the sward height, however, sheep hardly varied their behavior.

Number of steps was higher in the high sward height for both species. Pakorná et al. (2013) showed that goats spent less time walking than sheep because

they spent more time browsing trees. In our study, sheep spent more time exploiting the same area, while goats spent more time browsing and consuming the bites found in the highest structures of grass. As they consumed these bites from an area, they walked to the other one to consume the same bites. After they consumed all these bites, they started another search for the structures with an average height.

It is known that the preference or avoidance displayed by herbivores for a determined plant component depends on its relative abundance in the available vegetation (Dumont et al., 2002; Osoro et al., 2013). As shown in this study, forage species and plant structure affect dietary preferences of herbivores at pasture (Dumont, 1997) and they prefer species-rich swards as they can obtain greater benefit through enhanced daily nutrient intake (Pakorná et al., 2013).

2.7 CONCLUSIONS

Sheep and goats showed different diet selection and the preference was sensitive to variations in sward height. In the low sward height goats consumed eucalyptus leaves and bark, while sheep did not consume eucalyptus. However, sheep compensated for low sward height by consuming more weeds. This may have a special application for ICLS where sward management could be indirectly used to make sheep remove weeds avoiding herbicides, or decrease eucalyptus consumption by goats.

2.8 REFERENCES

ABIJAOUDE, J. A.; MORAND-FEHR, P.; TESSIER, J.; SCHMIDELY, P.; SAUVANT, D. Influence of forage: concentrate ratio and type of starch in the diet on feeding behaviour, dietary preferences, digestion, metabolism and performance of dairy goats in mid lactation. **Anim. Sci.**, v. 71, p. 359-368, 2000.

AGREIL, C.; MEURET, M. An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. **Small Ruminant Res.**, v. 54, p. 99-113, 2004.

ALONSO-DÍAZ, M. A.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; SANDOVAL-CASTRO, C. A. S.; HOSTE, H.; AGUILAR-CABALLERO, A. J.; CAPETILLO-LEAL, C. M. Is goats' preference of forage trees affected by their tannin or fiber content when offered in cafeteria experiments? **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 141, p. 36-48, 2008.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.

BARTHAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: **Hill Farming Res. Org.** Biennial Report 1984-85. Edinburgh: HFRO, 1986. p. 29-30.

BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agric.Sys.**, v. 111, p. 1-12, 2012.

BONNET, O.; HAGENAH, N.; HEBBELMANN, L.; MEURET, M.; SHRADER, A. M. Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? **Rangeland Ecol. Manage.**, v. 64, p. 366-374, 2011.

BONNET, O. J. F.; MEURET, M.; TISCHLER, M. R.; CEZIMBRA, I. M.; AZAMBUJA, J. C. R.; CARVALHO, P. C. F. Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. **Anim. Prod. Sci.**, v. 55, p. 339-349, 2015.

CAMPANA, L. L.; MODESTO, E. C.; BARROS, A. C. C.; ZANELLA, P. G.; CARVALHO, C. A. B.; CAMARGO FILHO, S. T. Ingestive behavior of crossbred heifers in four seasons related to the structure of stargrass pasture. **Acta Scientiarum. Anim.Sci.**, Maringá, v. 37, n. 1, p. 67-72, 2015.

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; TERRA LOPES, M. L.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; LIMA WESP, C.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v. 88, p. 259-273, 2010.

CELAYA, R.; BENAVIDES, R.; GARCÍA, U.; FERREIRA, L. M. M.; FERRE, I.; MARTÍNEZ, A.; ORTEGA-MORA, L. M.; OSORO, K. Grazing behaviour and performance of lactating suckler cows, ewes and goats on partially improved heathlands. **Animal**, v. 12, p. 1818-1831, 2008.

CLARK, D. A.; LAMBERT, M. G.; RALSTON, M. P.; DYMOCK, N. Diet selection by goats and sheep on hill country. **Proc. New Zealand Sot. Anim. Prod.**, v. 42, p. 155-157, 1982.

CONCHA, M. A.; NICOL, A. M. Selection by sheep and goats for perennial ryegrass and white clover offered over a range of sward height contrasts. **Grass Forage Sci.**, v. 55, p. 47-58, 2000.

DEL POZO, M.; WRIGHT, I. A.; WHITE, T. K. Diet selection by sheep and goats and sward composition changes in a ryegrass/clover previously grazed by cattle, sheep or goats. **Grass Forage Sci.**, v. 52, p. 278-290, 1997.

DEVENDRA, C.; THOMAS, D. Crop–animal interactions in mixed farming systems in Asia. **Agric. Sys.**, v. 71, p. 27-40, 2002.

DEVENDRA, C. Perspectives on the Potential of Silvopastoral Systems. **Agrotechnol**, v. 3, n. 1, 2014.

DUMONT, B. Diet preferences of herbivores at pasture. **Annales de zootechnie**, v. 46, p. 105-116, 1997.

FAVREAU, A.; BAUMONT, R.; FERREIRA, G.; DUMONT, B.; GINANE, C. Do sheep use umami and bitter tastes as cues of post-ingestive consequences when selecting their diet? **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 125, p. 115-123, 2010.

FERNÁNDEZ-NUÑES, E.; MOSQUERA-LOSADA, M. R.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. Economic evaluation of different land use alternatives: forest, grassland and silvopastoral systems. In: **Permanent and temporary grassland: plant, environment and economy**. Belgium: Proceedings of the 14th Symposium of the European Grassland Federation, p. 508-511, 2007.

FERREIRA, L. M. M.; CELAYA, R.; BENAVIDES, R.; JÁUREGUI, B. M.; GARCÍA, U.; SANTOS, A. S.; GARCÍA, R. R.; RODRIGUES, M. A. M.; OSORO, K. Foraging behaviour of domestic herbivore species grazing on heathlands associated with improved pasture areas. **Livestock Sci.**, v. 155, p. 373-383, 2013.

FICK, T. A. Amostragem para inventário florestal em sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 5, p. 1033-1038, 2011.

FRASER, M. D.; THEOBALD, V. J.; GRIFFITHS, J. B.; MORRIS, S. M.; MOORBY, J. M. Comparative diet selection by cattle and sheep grazing two contrasting heathland communities. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v. 129, p. 182-192, 2009.

GARRETT, H. E.; KERLEY, M. S.; LADYMAN, K. P.; WALTER, W. D.; GODSEY, L.D.; VAN SAMBEEK, J. W.; BRAUER, D.K. (2004) Hardwood silvopasture management in North America. **Agrofor Syst**, v. 6, n. 1, p. 21-33, 2004.

GONG, Y.; HODGSON, J.; LAMBERT, M. G.; GORDON, I. L. Effects of contrasting sward heights within forage species on short-term ingestive behavior of sheep and goats grazing grasses and legumes. **NZ J. Agric. Res.**, v. 39, p. 75-82, 1996.

GONZÁLEZ-PECH, P. D.; TORRES-ACOSTA, J. F. J.; SANDOVAL-CASTRO, C. A. S.; TUN-GARRIDO. Feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed differently. **Small Ruminant Res.** 2015. In press. Available on: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.08.020> >

GUERREIRO, M. F.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Vulnerability of ten eucalyptus varieties to predation by cattle in a silvopastoral system. **Agroforest Syst**, v. 89, p. 743-749, 2015.

HARVEY, A.; ORR, R. J. Dietary preference of sheep for grass and clover at contrasting sward surface heights, In: **Proc BSAS Winter Meeting**, Scarborough, p. 161, 1996.

KALLENBACH, R. L.; KERLEY, M. S.; BISHOP-HURLEY, G. J. Cumulative forage production, forage quality and livestock performance from an annual ryegrass and cereal rye mixture in a Pine–Walnut Silvopasture. **Agroforestry Syst.**, v. 66, p. 43-53, 2006.

KAM, M.; EL-MECCAWI, S.; DEGEN, A. A. Foraging behaviour and diet selection of free-ranging sheep and goats in the Negev Desert, Israel. **J. Agr. Sci.**, v. 150, p. 379-387, 2012.

LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; CHABBI, A. **Grassland Prod. Ecosys. Services**. Cambridge: CABI, 2011, 287p.

MEURET, M.; PROVENZA, F. D. When art and science meet: Integrating knowledge of french herders with science of foraging behavior. **Rangeland Ecol. Manag.**, v. 68, p. 1-17, 2015.

Mill, E. Investigation into the grazing of the Mediterranean shrub vegetation of north-west Tunisia by goats, particularly in relation to stocking density. **Anim. Res. Dev.**, v. 32, p. 7-39, 1990.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. G. A.; KUNRATH, T. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **Eur. J. Agron.**, v. 57, p. 4-9, 2014

MYBURG, A. A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G. A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R. D.; GRIMWOOD, J.; JENKINS, J.; LINDQUIST, E.; TICE, H.; BAUER, D.; et. al. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, v. 5, n. 10, p. 356-362, 2014.

ODO, B. I.; OMEJE, F. U.; OKWOR, J. N. Forage species availability, food preference and grazing behaviour of goats in southeastern Nigeria. **Small Ruminant Res.**, v. 42, p. 163-168, 2001.

ORIHUELA, A.; SOLANO, J. J. Grazing and browsing times of goats with three levels of herbage allowance. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 61, p. 335-339, 1999.

OSORO, K.; FERREIRA, L. M. M.; GARCÍA, U.; JÁUREGUI, B. M.; MARTÍNEZ, A.; ROSA GARCÍA, R.; CELAYA, R. Diet selection and performance of sheep and goats grazing on different heathland vegetation types. **Small Ruminant Res.**, v. 109, p. 119-127, 2013.

PANDE, R. S.; KEMP, P. D.; HODGSON, J. Preference of goats and sheep for browse species under field conditions. **New Zealand J. Agric. Res.**, v. 45, p. 97-102, 2002.

PAPACHRISTOU, T. G.; DZIBA, L. E.; PROVENZA, F. D. Foraging ecology of goats and sheep on wooded rangelands. **Small Ruminant Res.**, v. 59, p. 141-156, 2005.

PENNING, P. D.; JOHNSON, R. H.; ORR, R. J. Effects of continuous stocking with sheep or goats on sward composition and animal production from a grass and white clover pasture. **Small Ruminant Res.**, v. 21, p. 19-29, 1996.

PENNING, P. D.; NEWMAN, J. A.; PARSONS, A. J.; HARVEY, A.; ORR, R. J. Diet preferences of adult sheep and goats grazing ryegrass and white clover. **Small Ruminant Res.**, v. 24, p. 175-184, 1997.

PEREVOLOTSKY, A.; LANDAU, S.; KABABIA, D.; UNGAR, E. D. Diet selection in dairy goats grazing woody Mediterranean rangeland. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 57, p. 117-131, 1998.

POKORNÁ, P.; HEJCMANOVÁ, P.; HEJCMAN, M.; PAVLU, V. Activity time budget patterns of sheep and goats co-grazing on semi-natural species-rich dry grassland. **Czech J. Anim. Sci.**, v. 58, p. 208-216, 2013.

PROVENZA, F. D.; VILLALBA, J. J.; DZIBA, L. E.; ATWOOD, S. B.; BANNER, R. E. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. **Small Ruminant Res.**, 49, 257-274, 2003.

R Development Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RUTTER, S. M. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: Current theory and future application. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 97, p. 17-35, 2006.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, K. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward asustainable production system. **Agric. Ecosyst. Environ.**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SKARPE, C.; JANSSON, I.; SELJELI, L.; BERGSTRÖM, R.; ROSKRAFT, E. Browsing by goats on three spatial scales in a semi-arid savanna. **J. Arid Environ.**, v. 68, p. 480-491, 2007.

SANON, H. O.; KABOR E-ZOUNGRANA, C.; LEDIN, I. Behaviour of goats, sheep and cattle and their selection of browse species on natural pasture in a Sahelian area. **Small Ruminant Res.**, v. 67, p. 64-74, 2007.

SEBATA, A.; NDLOVU, L. R. Effect of leaf size, thorn density and leaf accessibility on instantaneous intake rates of five woody species browsed by Matebele goats (*Capra hircus* L.) in a semi-arid savanna, Zimbabwe. **J. Arid Environ.**, v. 74, p. 1281-1286, 2010.

SILVA, C. J. A.; DITTRICH, J. R.; MONTEIRO, A. L. G.; FERNANDES, S. R.; PINTO, P. H. N.; SCHMIDT, P. Ingestive behavior of goats under four grazing conditions. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, v. 12, n. 3, p. 173-180, 2014

SUGAMOSTO, M. L. **Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola da adequação de uso do centro de estações experimentais do Canguiri, município de Pinhais - Paraná.** 2002. 133p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

TAMAYO-CHIM, M.; REYES-GARCÍA, C.; ORELLANA, R. A combination of forage species with different responses to drought can increase year-round productivity in seasonally dry silvopastoral systems. **Agroforest Syst.**, v. 84, p. 287-297, 2012.

Technological Institute Simepar, Meteorological data from the municipality of Pinhais, Paraná. UFPR, Curitiba, Jun, 10, 2015.

Van Soest, P. J. **Nutrition ecology of the ruminants.** Cornallis, UK, O & B Books. 1982

Van Soest, P. J., Robertson, J. B. **Analysis of Forages and Fibrous Foods: A Laboratory Manual for Animal Science.** Ithaca, NY: Cornell University Press, 1985. 202p.

YIAKOULAKI, M. D.; ZAROVALI, M. P.; PAPANASTASIS, V. P. Foraging behaviour of sheep and goats grazing on silvopastoral systems in Northern Greece. **Options Méditerranéennes**, n. 85, p. 79-84, 2009.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N.; SABELIEV, A. A.; SMITH, G. M. Limitations of linear regression applied on ecological data. In: GAIL, M.; KRICKEBERG, K.; SAMET, J. M.; TSIATIS, A.; WONG, W. (Ed) **Mixed effects models and extensions in ecology with R Statistics for Biology and Health.** New York: Springer, 2009, p. 11-34.

3 CAPÍTULO III - Conditioned aversion to *Eucalyptus dunnii* (Maiden) in goats in Integrated Crop-Livestock Systems.²

3.1 ABSTRACT

Integrated crop-livestock systems (ICLS) are planned systems that exploit the synergisms from the interactions between soil, plant and animal. The combination of forestry and animals in the same area can increase the system performance; however, the animal's entry into the pasture with trees is often delayed because of the potential damage that animals can cause in the trees. With the aim of averting to *Eucalyptus dunnii* (Maiden) leaves and bark, lithium chloride (LiCl) was used to provoke conditioned aversion on goats. A total of 8 female Boer goats were used to compare eucalyptus intake in averted vs. non-averted animals. Goats were randomly allocated into 4 experimental groups of 2 animals each. Aversion was induced by using an oral administration of a LiCl solution (200 mg/kg BW) immediately following eucalyptus consumption in the averted group. Treatments consisted of two sward heights, high and low, and two aversion conditions, conditioned averted animals and non-averted animals, in a factorial design 2 x 2, with two replicates in space (paddocks) and two replicates in time. The grazing behavior was determined using the continuous bite-monitoring method and twenty-two bite categories were identified. Animals in the non-averted group consumed eucalyptus, whereas animals in the averted group strongly rejected eucalyptus ($P < 0.05$). The non-averted group consumed eucalyptus in the low sward height, especially bark, but did not consume it in the high sward height ($P < 0.05$), suggesting that the high sward height and the diversity of it are sufficient to prevent the consumption of eucalyptus by goats in an ICLS area. The LiCl conditioned aversion to eucalyptus tree leaves and bark proved to be an efficient method in goats under our experimental conditions. The method may be of special application for allowing goats to graze in areas in which specific plants must be avoided.

Key-words: food aversion, lithium chloride, continuous bite monitoring

² Artigo elaborado de acordo com a norma interna nº 07/2011 do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – área de concentração Produção Vegetal.

Condicionamento aversivo à *Eucalyptus dunnii* (Maiden) em caprinos em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.

3.2 RESUMO

Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) permitem explorar os sinergismos provenientes das interações entre solo, planta e animal. A combinação de floresta e animais em uma mesma área pode aumentar a performance do sistema. Porém, a entrada dos animais na área de pasto com árvores é geralmente adiada devido aos potenciais danos que os animais podem causar às árvores. Com o objetivo de evitar o consumo de folhas e cascas de *Eucalyptus dunnii* (Maiden), cloreto de lítio (LiCl) foi utilizado em cabras. Oito cabras da raça Boer foram utilizadas para comparar o consumo de eucalipto de um grupo condicionado e um grupo controle. Os animais foram aleatoriamente distribuídos em quatro grupos experimentais com 2 animais cada. A aversão foi induzida utilizando-se uma solução oral de LiCl (200 mg/kg PV) imediatamente após o consumo de eucalipto pelos grupo condicionados. Os tratamentos consistiram de duas alturas de pasto, alta e baixa, e dois condicionamentos, animais condicionados e não condicionados, em um esquema fatorial 2 x 2, com duas repetições no tempo (piquetes) e duas repetições no espaço. O comportamento de pastejo foi determinado utilizando-se o método do monitoramento contínuo de bocados e vinte e duas categorias de bocados foram identificadas. Animais no grupo não condicionado consumiram folhas e casca de eucalipto, entretanto o grupo condicionado rejeitou fortemente o eucalipto ($P < 0.05$). O grupo não condicionado consumiu eucalipto no pasto baixo, porém não houve consumo no pasto alto ($P < 0.05$), sugerindo que a altura adequada e a diversidade do pasto são suficientes para evitar o consumo de eucalipto por caprinos em áreas de SIPA. O condicionamento aversivo à folhas e cascas de eucalipto em caprinos através do uso de LiCl provou ser um método eficiente nas condições experimentais. O método pode ser interessante para permitir o pastejo de caprinos em áreas onde plantas específicas não devem ser consumidas..

Palavras-chave: aversão alimentar, cloreto de lítio, monitoramento contínuo de bocados.

3.3 INTRODUCTION

Integrated crop-livestock systems (ICLS) are planned systems that exploit the synergisms from the interactions between soil, plant and animal in areas that integrate agricultural, forestry and livestock activities, concurrently or sequentially in rotation or succession (Moraes et al., 2014; Lemaire et al., 2014). They have been adopted in several regions of the world and due to different characteristics of each region these systems are arranged in various ways according to the nature of the components, the objectives of production and agricultural crops involved, and in accordance with spatial scales on which the integration is implemented (Carvalho et al., 2010; Salton, et al., 2014).

The combination of forestry and animals in the same area can increase the productivity of the system and provide benefits from the synergistic interactions of the system components (Devendra, 2014). The purposes of planting trees in pasture areas can be diverse and include the production of fruits, fodder and wood for fuel, litter or timber (Eichhorn et al., 2006). *Eucalyptus* spp. are the most widely planted hardwood trees in the world (Myburg et al., 2014) and are among the prevalent tree species in integrated crop-livestock systems in Brazil (Balbino et al., 2011). When trees are used for timber production, any injury or inhibition of growth resulting from management is undesirable (Garrett et al., 2004).

Goats are known as browsers and they prefer to select from many different types of feed such as a combination of grasses and shrub plants or tree leaves (Odo et al., 2001). It is expected that animals will consume small amounts of branches and leaves if they are accessible (Guerreiro et al., 2015), therefore, the animal's entry into the pasture with trees is often delayed because of the potential damage that the animals can cause in trees in the early stages of their development (Garrett et al., 2004).

Diet selection is a complex process (Ralphs and Provenza, 1999) and is influenced by many factors (Papachristou et al., 2005) such as forage availability, animal physiological conditions and the chemical characteristics of the feedings (Provenza, 1996). Besides, the consequences after eating some particular feed may create post-ingestive feedback that causes an increase or decrease in intake of that feeding (Villalba and Provenza, 2000; Favreau et al., 2010). The post-ingestive

consequences act in the decisions that the animal will perform in relation to their food and it can be used to condition ruminant feeding selection in practice, eliciting preference or aversion for a particular type of food (Manuelian et al., 2010).

Conditioned aversion to a novel food is a powerful tool to modify an animal's diet and train livestock to avoid specific plants (Ralphs et al., 2001; Gorniak et al., 2008; Almeida et al., 2009). It is a form of associative learning behavior in which an animal avoids consuming a kind of food previously paired with an illness effect (Manuelian et al., 2014). Conditioned aversion using lithium chloride (LiCl) has been used as a potential management tool to avoid the consumption of specific plants and it produces gastrointestinal malaise without dangerous side effects (Ralphs, 1992).

The objective of this paper was to study whether LiCl-treated goats can be averted from consuming *Eucalyptus dunnii* (Maiden) leaves and bark, used as a novel feed, and to investigate the relationship between animal's aversion to the tree component and the pasture condition offered as feeding alternative.

3.4 MATERIALS AND METHODS

3.4.1 Experimental site

The trial was carried out on February of 2015 at Federal University of Paraná Experimental Farm, located in Pinhais, Paraná, Brazil (25°24'10.2"S, 49°07'05.7"W, 920 m altitude). The climate of the region is Cfb, characterized as humid subtropical in the classification of Köppen, with annual precipitation of 1400 mm, well distributed throughout the year; with mean minimum temperature of 12.5 °C and an average maximum temperature of 22.5 °C, subject to severe frosts (more than five per year). Daily mean data on temperature and precipitation were obtained from a nearby (~1 km) meteorological station. The days were similar in temperature and precipitation in the evaluation period, with mean minimum temperature of 17.1 °C, mean maximum temperature of 28.3 °C and the average precipitation of 2.40 mm (Technological Institute Simepar, 2015).

The trial period lasted 22 days. The 2000 m² experimental area was formed by two forage species: *Paspalum urvillei* (Steudel) and *Trifolium pratense* (L.). Other species (*Sida rhombifolia* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol.) were considered weeds. The tree species in the area was 2-year old *Eucalyptus dunnii* (Maiden) with 2.10 ± 0.20 m of average height and 12.70 ± 3.90 mm of average diameter at breast height (DBH). The trees were spaced 2 m apart with rows 3 m apart. The soil of the experimental area is classified as typic dystrophic Ta Haplic Cambisol – CXvd (Sugamosto, 2002). The site was divided into eight paddocks with the same size (100 m²) and the rest of the area was used to keep the animals between the evaluation periods.

3.4.2 Animals

Eight female Boer goats aged 4 years old and with 59.20 ± 1.20 kg of average body weight were used and randomly allocated into 2 groups of 4 animals each, to which experimental treatments were applied. The animals were dry and nonpregnant. The goats were distributed uniformly in the treatments according to age and BW, and were randomly allocated in two treatment groups: averted group and non-averted group. Only four goats were considered testers.

3.4.3 Treatments

Treatments consisted of two sward heights featuring the grazing offer, high (49.00 ± 0.80 cm) and low (10.30 ± 0.10 cm), and two aversion conditions, conditioned averted animals and non-averted animals, in a factorial design 2 x 2, with two replicates in space (paddocks) and two replicates in time, totaling 8 evaluations per treatment. Due to time constraints, four paddocks were grazed and observed per day, two in the morning (AM block) and two in the afternoon (PM block) in eight different days. In order to keep the low sward height (10 cm), the pasture was cleared between the replicates in time.

3.4.4 Vegetation measurements

Sward height was measured using the sward stick, according to the methodology described by Barthram (1986). These assessments were performed on the evaluation days, before and after the animals grazing. Randomly measurements were made in 200 points per paddock, totaling 400 points per evaluation. The morphological composition of pasture was determined by harvesting three forage samples per treatment in each paddock on the evaluation days. Samples were collected using a 0.25 x 0.25 m square and then the species were identified. The samples were dried in a forced air oven at 65 °C until constant weight. In order to characterize the presence of trees in the experimental area, the height and the diameter breast height (DBH) of 10% of the trees were measured (Fick, 2011).

3.4.5 Conditioning aversion

The conditioning aversion was developed according to the steps described by Burritt et al. (2013). Prior to training, the animals were tested to see how willing they were to eat the target plant. They stayed in the experimental area for 5 days to get used to the new food. On the first day of the trial, two goats from the first group were conditioned to avoid eucalyptus. Leaves and branches were collected fresh and placed into a feed box in a pen with no other kind of food. The animals stayed at the pen for 15 minutes and immediately after the goats had eaten the target plant (at least 20 consecutive bites), they were dosed with LiCl with a syringe. After they had received the LiCl, they were moved to another corral with water for 2 hours. On the second and third day after training the aversion was tested. The same procedure was carried out with the second group of animals.

The amount of LiCl given to each animal was calculated according their weight and the strength of the dose, that was 200 mg LiCl per/kg BW, which means a high

LiCl dose (DUTOIT, et. al., 1991). The following formula was used to calculate how much LiCl each goat should receive:

$$\text{BW kg} \frac{\text{mg LiCl} / \text{kg BW}}{1000 \text{ mg} / \text{g}} = \text{grams LiCl}$$

3.4.6 Diet selection

The diet selection of goats in different treatments was determined using the continuous bite-monitoring method as described by Agreil and Meuret (2004) and Bonnet et al. (2015).

3.4.6.1 Mutual familiarization

The first step was the mutual familiarization procedure that aimed to get both animals and observers habituated to each other. It took 5 days because it was a small group of closely herded animals. The distance between the observers and the animals was reduced progressively and on the last day of this procedure no single animals appeared disturbed by the presence of the observer at a distance of ~5 m. At the end of this procedure, the observers chose the tester animals. Each observer evaluated one animal at a time.

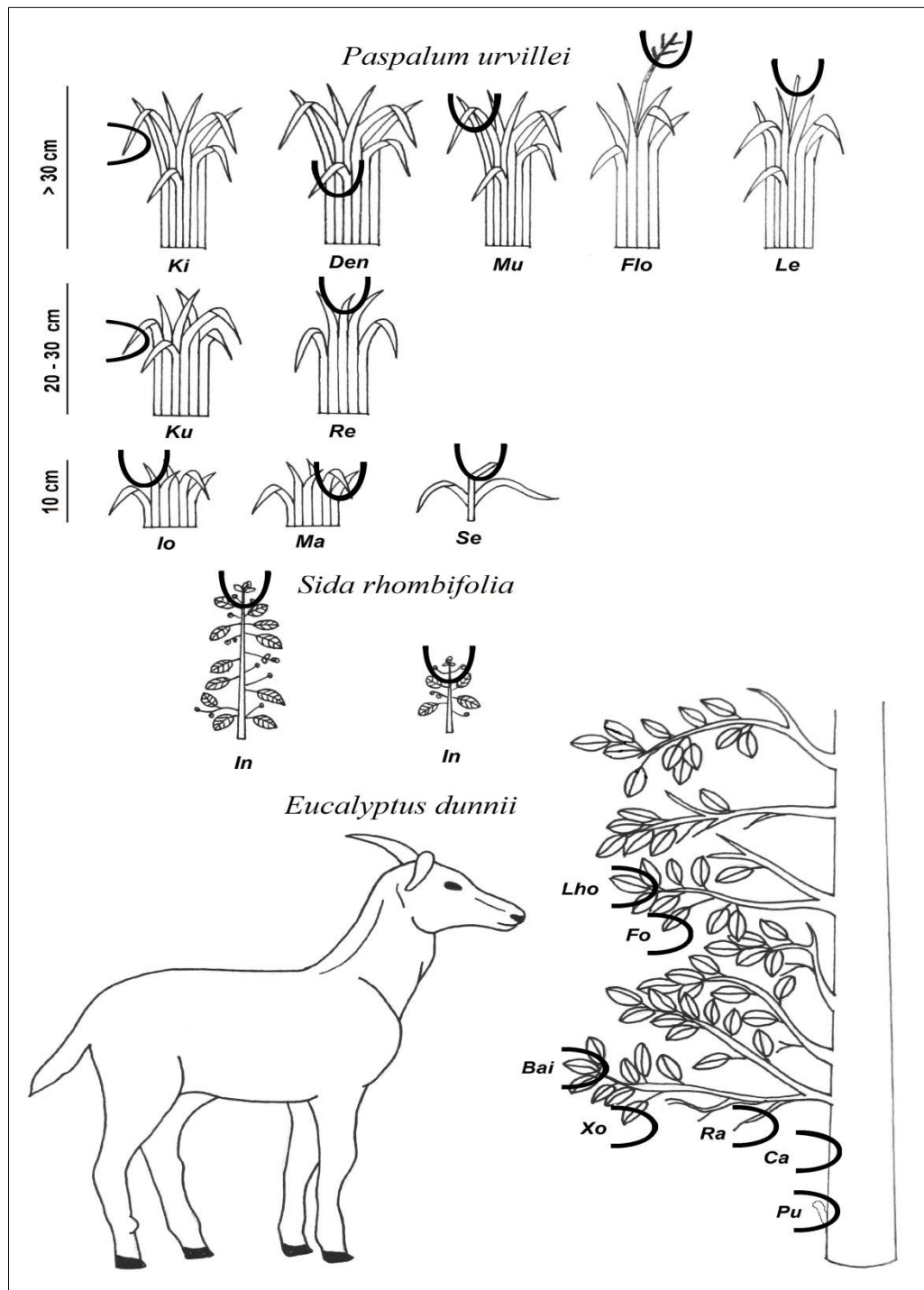


Fig 1. Bite-coding grid for goats in a pasture formed by *Paspalum urvillei* (Steudel), *Trifolium pratense* L., *Sida rhombifolia* (L.) and 2 years old *Eucalyptus dunnii* (Maiden). Each pictogram illustrates the 'ideal bite' for each bite category (BC). Codes for each BC appear below the pictograms. Numbers on the left side represent plant height (cm). BCs are grouped by general plant characteristics (height and species). BCs differed from tree height, leaves mass per bite and structure chosen by the animal (leaves, branches or bark). The "U" shaped icon stands for the jaws of the goats.

3.4.6.2 Design of the bite-coding grid

The bite-coding grid corresponded to a limited number of bite categories (BC) that allowed the observer to record in real time a detailed description of all bites taken by the animal. The design followed four criteria: (1) nature and position of the selected plant parts; (2) structural attributes of the tissues; (3) behavior of the animal; and (4) expected nutritional value of the bite. Equipped with a first version of the grid, the observers were trained and the effectiveness of the coding grid was tested. The training was considered completed when the observers were able to encode every single bite without hesitation. Nineteen (19) BCs were identified and they were divided in pasture BC and tree BC (Fig. 1).

3.4.6.3 Data acquisition

Each evaluation lasted one hour and during this time the observer was remaining alongside the focal individual and recording, with a digital recorder, each BC and other behaviors such as steps, drinking and resting when they occurred. Then, recordings of feeding sequences were transcribed using specific software (e.g. JWatcher®, <http://www.jwatcher.ucla.edu/>, verified 25 October 2014; The Observer, Noldus Information Technology®, The Netherlands).

3.4.6.4 Simulation of bites and laboratory processing

Each BC observed on a botanical species was manually simulated by the observer of the monitored animal at the end of the monitoring period (Bonnet et al., 2011). The more frequently the BC was recorded, the higher was the number of samples. Each sample was composed of 20 simulations and kept in paper bags. The samples were dried in a ventilated oven at 55 °C for 60 hours.

3.4.7 Statistical analysis

Data were analyzed according to a randomized block design with four treatments in a factorial design 2 x 2. All data were tested for normality before analysis. Data that deviated from normality were transformed using a natural logarithm transformation so it would exhibit homogeneity of variance. Data were analyzed using linear mixed models (Zuur et al., 2009), with a general mathematical model represented by:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_j + p_k + \varepsilon_{ijk}$$

where y_{ijk} = dependent variables; μ = the overall of mean; α_i = effect of treatment; a_j = effect of animal; p_k = effect of the plot (days of evaluation and grazing period); ε_{ijk} = the residual error. The analysis were performed by ANOVA and the means that showed statistical difference among treatments ($P < 0.05$) were compared by Tukey test. Statistical analyses were conducted using R Statistical Software 3.2.1 (R Development Core Team 2015).

3.5 RESULTS

3.5.1 Availability and composition of vegetation

The high sward height was composed by Vasey's grass (*Paspalum urvillei* (Steudel)) (65.6%), red clover (*Trifolium pratense* (L.)) (21%) and native plants (13.4%), mostly weeds such as *Sida rhombifolia* (L.) and *Chaptalia nutans* (L.) Pol. ($P < 0.05$). The mean sward height was 48.9 cm. On the low sward height, the pasture was composed by Vasey's grass (*Paspalum urvillei* (Steudel)) (56.5%), red

clover (*Trifolium pratense* (L.)) (28.3%) and native plants (15.2%), mostly weeds ($P < 0.05$). Mean sward height was 10.4 cm. There was statistical difference between all species in both treatments ($P < 0.001$).

3.5.2 Bite categories and diet selection

Bite categories explained 95 % of the total variance in the dry mass of the simulated bites. Goats performed 11 bite types for grass and 1 bite type for *Sida rhombifolia* (L.). Non-averted goats performed 7 bite types for eucalyptus, 4 for leaves, 1 for branch and 2 for bark.

The medium values of the number of bites per animal per treatment were 995.9 bites for averted goats on treatment 1 (min: 1791, max: 1098) and 748.8 bites on treatment 2 (min: 662, max: 866), and 949.4 bites for non-averted goats on treatment 1 (min: 870, max: 1034) and 761.9 bites on treatment 2 (min: 685, max: 842) ($P < 0.05$) (Table 1). There was no statistical difference between averted and non-averted goats in the high sward height, but there was difference between them in the low sward height, with lower number of bites for non-averted goats ($P < 0.05$). The number of bites carried by both groups differed ($P < 0.05$).

Rate of biting (bites/min) varied according to sward height ($P < 0.05$). Higher rates of biting were observed in both averted (16.6 and 12.5 bites/min in high and low sward height) and non-averted (15.8 and 12.7 bites/min in high and low sward height) goats in the high sward height.

Bite mass varied between vegetal species and parts of the same specie and animals (Table 2) ($P < 0.05$). The heavier bite corresponded to a eucalyptus bite type (Lho – 0.44 g) and the lighter bite corresponded to a grass bite type (lo – 0.03g).

Each evaluation corresponded to 60 minutes of observation. The intake during this period varied between sward height ($P < 0.05$). There was no significant difference between averted and non-averted goats in the total intake per evaluation.

Table 1. Number of observed bites and intake (g/DM) corresponded to the different vegetal species consumed by averted and non-averted goats in two sward heights (high and low).

Sward height	Animals	Number of observed bites			
		Total of bites	Species		
			<i>P. urvillei</i>	<i>S. rhombifolia</i>	<i>E. dunnii</i>
High	Averted	995.9±70.1a	936.4±98.2aA	59.5±13.9aB	0bC
		100%	94%	6%	0%
	Non-averted	949.4±48.7a	915.4±39.6aA	28.5±13.4bB	5.5±3.4bC
		100%	96.4%	3%	0.6%
Low	Averted	748.8±50.4b	665±59.3bA	83.8±17.7aB	0bC
		100%	88.8%	11.2%	0%
	Non-averted	761.9±41.9b	511.9±79.4cA	29.3±10.3bC	220.7±32.3aB
		100%	67.2%	3.8%	29%
Bite mass (g/DM)					
		Intake (g/DM)	Species		
			<i>P. urvillei</i>	<i>S. rhombifolia</i>	<i>E. dunnii</i>
High	Averted	130.8±10.2a	123.2±14.6aA	7.6±1.7bBC	0bC
		100%	94.2%	5.8%	0%
	Non-averted	122.7±10.6a	119.3±13.2aA	3±3.5cBC	0.4±0.4bC
		100%	97.2%	2.5%	0.3%
Low	Averted	56.3±5.4b	45.7±4.9bA	10.6±2.3aB	0bC
		100%	80.3%	19.7%	0%
	Non-averted	61.3±6b	32.1±7.4bA	9.1±9.8bC	20.1±11.6aB
		100%	52.3%	14,90%	32.8%

The values within the same column with different letters (a, b, c) are significantly different ($P < 0.05$).

The values within the same line with different letters (A, B, C) are significantly different ($P < 0.05$).

Paspalum urvillei (Steudel) was the most consumed plant species by averted and non-averted goats in both sward heights. On the high sward height, the bite type “ku” was the most performed for averted (265.6/936.4) and non-averted (247.8/915.4) goats, followed by the bite type “ki” (222.3/936.4) for averted and (213.3/915.4) non-averted goats. In this sward height, both groups performed bite types for different structures of the grass such as stem (“le” BC, 153.9/936.4 for the averted group and 145/915.4 for the non-averted group) and inflorescence (BC “flo”, 54.9/936.4 for the averted group and 52/915.4 for the non-averted group).

Non-averted goats consumed eucalyptus in both sward heights, however, the number of bites performed in the high sward height (5.5 bites) wasn't significant when compared to the number of bites performed in the low sward height (220.7) (Table 1) ($P < 0.05$). Among the eucalyptus bites, 75.9% corresponded to bark bites (167.5/220.7), 23.2% corresponded to leaves bites (51.2/220.7) and 0.9% to branch bites (2.1/220.7) ($P < 0.05$).

Table 2. Bite mass of bite categories consumed by averted and non-averted goats in an integrated crop-livestock system.

Bite Categories	Species	Bite mass (g)
Ki	<i>P. urvillei</i>	0.10±0.009e
Ku	<i>P. urvillei</i>	0.09±0.007ef
Io	<i>P. urvillei</i>	0.03±0.007g
Re	<i>P. urvillei</i>	0.07±0.007f
Mu	<i>P. urvillei</i>	0.18±0.016cd
Ma	<i>P. urvillei</i>	0.13±0.012de
Me	<i>P. urvillei</i>	0.05±0.030fg
Den	<i>P. urvillei</i>	0.06±0.006f
Le	<i>P. urvillei</i>	0.22±0.020c
Flo	<i>P. urvillei</i>	0.22±0.027c
Se	<i>P. urvillei</i>	0.39±0.068b
In	<i>S. rhombifolia</i>	0.13±0.024de
Fo	<i>E. dunnii</i>	0.14±0.009de
Xo	<i>E. dunnii</i>	0.13±0.013de
Bai	<i>E. dunnii</i>	0.37±0b
Lho	<i>E. dunnii</i>	0.44±0.021a
Ca	<i>E. dunnii</i>	0.07±0.009f
Pu	<i>E. dunnii</i>	0.24±0.017c
Ra	<i>E. dunnii</i>	0.29±0.029c

Values with different letters (a, b, c, d, e, f, g) in the bite mass column differ at $P < 0.05$.

Weeds bites were lower for both groups when compared to the other species consumed ($P < 0.05$). However, there was difference between the proportion consumed by the animals, with a higher consume by the averted goats in the low sward height ($P < 0.05$).

Both groups of goats consumed most of their dry matter intake from grass and it was significantly higher in the high sward height ($P < 0.05$). On the low sward height, eucalyptus contributed to 32.8% of the DMI during the evaluation period for

non-averted goats, while weed contributed to 19.7% of the DMI for averted goats (Fig. 2).

There was no difference between the number of steps performed by both group of animals, however there was difference between the two treatments ($P < 0.05$) with a higher number of steps performed in the high sward height.

Both groups spent more time grazing in the high sward height (47.8 min/ 60 min for averted group and 44.3/ 60 min min for non-averted group). Non averted group spent less time grazing in the low sward height (39.6 min/ 60 min) than the averted group (41.8 min/ 60 min)($P < 0.05$).

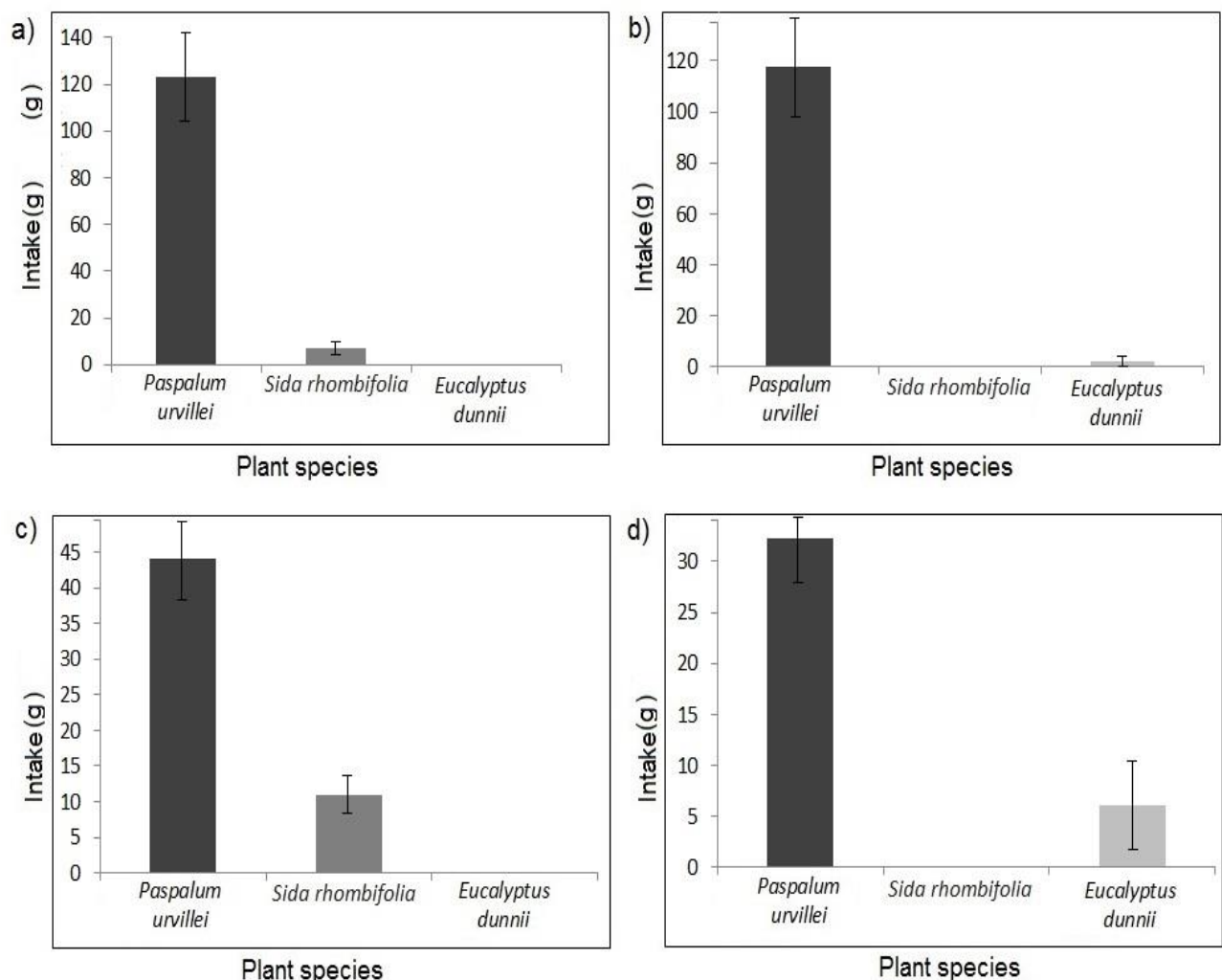


Fig 2. Dry matter intake of different plant species (*Pennisetum clandestinum*, *Eucalyptus dunnii* (Maiden) and *Sida rhombifolia* (L.)) by a) averted goats in the high sward height; b) non-averted goats in the high sward height; c) averted goats in the low sward height and d) non-averted goats in the low sward height.

3.5.3 Aversion learning

The averted group rejected consuming leaves and bark of eucalyptus on the next day after the first LiCl dose. There was no consumption of eucalyptus by both averted and non-averted goats in the high sward height. Non-averted goats consumed leaves and bark in the low sward height (29% of eucalyptus bites), while averted goats didn't consume ($P < 0.001$). Despite of the number of bites and the bite mass had been similar between the two groups in both sward heights, the vegetal species chosen by the two groups differed in the low pasture ($P < 0.05$) (Fig. 3).

The marked difference in intake between both averted and non-averted goat groups showed the effectiveness of LiCl to create aversion to eucalyptus tree leaves and bark. The dose LiCl used in this study (200 mg/kg BW) was enough to create the conditioned aversion in goats.

3.6 DISCUSSION

Averted (A) and non-averted (NA) goats showed a similar diet selection in the high sward height, with grass as the most consumed plant. Odo et al. (2001) studying the grazing behavior of goats, found that goats generally show a higher preference for grasses. Both groups consumed not only leaves, but stem and inflorescence. Goats search for diversity in their ingesta by selecting certain parts of plants and exploiting the heterogeneity of the pasture with the aim of matching their total nutrient intake to their nutritional requirements as closely as possible (Fedele et al., 1993; Abijaoudé et al., 2000).

In the low sward height, grass was also the most consumed plant by both groups, however, the selection of the other plant species available in the pasture and the number of bites performed in the grass differed between groups. Changes in the sward height may have modified the preference of the groups differently. While NA group consumed leaves and bark of eucalyptus, the A group did not consume

eucalyptus, but performed a higher number of bites related to weeds. According to Gong et al. (1996) and Dumont (1997), sward height is one of the most important sward variables affecting the ingestive behavior of herbivores in grasses and legume pasture. When the preferred species or parts of a specific species were no longer available, both groups had to change their diet, selecting other species.

According to Alonso-Díaz et al. (2008), goats prefer to select from a combination of grasses and shrub plants or tree leaves, and choice seems to depend on availability. Goats showed a preference for taller grass and on the low sward height, with a shortage of the preferred plant, they started browsing trees. The preference for grasses can be explained by the period of the year in which the experiment was conducted. According to Papachristou et al. (2005), the diet selected by goats varies in the season and during the wet season goats select a more mixed diet of grasses and forbs, while during the dry season they spend more time browsing.

The sward height influenced the grazing behavior of goats. Both groups spent less time grazing in the low sward height and the number of steps was higher in the high sward height. Celaya et al. (2008) showed that the proportion of grazing time by goats varied according the sward height and Pakorná et al. (2013) showed that goats spent less time walking in areas where they spent more time browsing trees.

Averted goats did not consume eucalyptus and the aversion to eucalyptus leaves and bark was fully established in the short term with a single dose of LiCl in all testers goats. A similar response to LiCl was reported by Manuelian et al. (2010) in sheep and goats averted to olive leaves using a 200 mg LiCl/kg BW dose. Barbosa et al. (2008) reported that goats needed three days to be completely averted to *Mascagnia rigida* (Griseb) leaves. Oliveira et al. (2014) used a solution of 175 mg LiCl/kg BW and reported that on the fifth day after the first dose of LiCl all goats from the averted group did not consume leaves of *Palicourea aeneofusca*. According to Ralphs and Cheney (1993) higher dose levels of LiCl produce a more intense illness, which creates stronger feedback associated with the taste of the target plant.

Averted goats associated their indisposition with the eucalyptus leaves and bark consumption rather than to the act of administering the LiCl dose to them, as reported by Manuelian et al. (2010). According to Ralphs and Olsen (1990), the animals associate the taste and the smell of the food with the induced illness. De

Rosa et al. (1995) showed that goats learn to avoid a feed that immediately produces illness.

The animals had no previous contact with eucalyptus and this may have contributed to strengthen aversion. According to Ralphs and Provenza (1999), the more novel or unique the taste, stronger is its association with the induced illness. According to Burritt and Provenza (1996), it is difficult to create aversion to familiar foods.

In a situation of food deprivation, the hungry animals may eat the food that had been associated with illness, eliminating the strength of the aversion (Ralphs and Provenza, 1999). In this study, the averted group changed their preference and ate weeds in the low sward height, which was a food that they avoided in the high sward height. While there were still other species to be selected, the animals did not consume eucalyptus. However, in case of complete food shortage, the result could be different.

Aversion conditioned by lithium chloride is considered strong and lasts indefinitely if the animals are not compelled to resample the plant (Ralphs, 1997). If averted animals eat the target plant without any adverse feedback, they will continue eating it, and eventually the aversion will be extinguished (Ralphs et al., 2001). In the present study, goats were tested for 22 days only, so it is not possible to determine the actual duration of the conditioned aversion.

Another factor that affects the persistence of the conditioned taste aversion is the presence of alternative foods for animals (Kimball et al. 2002), as shown in our results. Non-averted goats did not eat considerable amounts of eucalyptus leaves and bark in the high sward height. This can be the result of an environment with mixed plant species and a sward height in which the animals could exploit the area maximizing their intake.

Aversive conditioning might be used for training livestock to avoid the intake of specific plants (Ralphs and Provenza, 1999; Ralphs et al., 2001). In Integrated Crop-Livestock Systems with the presence of trees, it can allow the animal's entry earlier into the pasture without causing damage on the development of the young trees. However, it is important to provide a quality pasture for the animals, because a high sward height and a mixed pasture offer allows the animal to satisfy their nutritional needs without seeking for other food sources such as trees.

3.7 CONCLUSIONS

The results of this study support the concept that feeding behavior of goats can be manipulated using conditioned feed aversion and sward management. Feed aversion may be rapidly and easily created in goats by using high doses of LiCl (200mg LiCl/kg BW). Aversive conditioning may have special application for allowing goats to graze in areas in which specific plants must be respected. The high sward height and the diversity of it are sufficient to prevent the consumption of eucalyptus by goats in integrated crop- livestock systems.

3.8 REFERENCES

ABIJAOUDE, J. A.; MORAND-FEHR, P.; TESSIER, J.; SCHMIDELY, P.; SAUVANT, D. Influence of forage: concentrate ratio and type of starch in the diet on feeding behaviour, dietary preferences, digestion, metabolism and performance of dairy goats in mid lactation. **Anim. Sci.**, v. 71, p. 359-368, 2000.

AGREIL, C.; MEURET, M. (2004) An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observation. **Small Ruminant Res.**, v. 54, p. 99-113, 2004.

ALMEIDA, M. B.; SCHILD, A. L.; BRASIL, N. D. A.; QUEVEDO, P. S.; FISS, L.; PFISTER, J. A.; RIET-CORREA, F. Conditioned aversion in sheep induced by *Baccharis coridifolia*. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 117, p. 197-200, 2009.

ALONSO-DÍAZ, M. A., TORRES-ACOSTA, J. F. J., SANDOVAL-CASTRO, C. A. S., HOSTE, H., AGUILAR-CABALLERO, A. J., CAPETILLO-LEAL, C. M. Is goats' preference of forage trees affected by their tannin or fiber content when offered in cafeteria experiments? **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 141, p. 36-48, 2008.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e

arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 46, n. 10, p.1-12, 2011.

BARBOSA, R. R.; SILVA, I. P.; SOTO-BLANCO, B. Development of conditioned taste aversion to *Mascagnia rigida* in goats. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 28, p. 571-574, 2008.

BARTHRAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: **Hill Farming Res. Org.** Biennial Report 1984-85. Edinburgh: HFRO, 1986. p. 29-30.

BONNET, O. J. F.; HAGENAH, N.; HEBBELMANN, L.; MEURET, M.; SHRADER, A. M. Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? **Rangeland Ecol. Manage.**, v. 64, p. 366–374, 2011.

BONNET, O. J. F.; MEURET, M.; TISCHLER, M. R.; CEZIMBRA, I. M.; AZAMBUJA, J. C. R.; CARVALHO, P. C. F. Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. **Animal Prod. Sci.**, v. 55, p. 339-349, 2015.

BURRITT, E. A.; PROVENZA, F. D. Amount of experience and prior illness affect the acquisition and persistence of conditioned food aversions in lambs. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 48, p. 73-80, 1996.

BURRITT, E. A.; DORAN, M.; STEVENSON, M. Training Livestock to Avoid Specific Forage. Paper 373, 2013. Available in: <
http://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/373 >

CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; TERRA LOPES, M. L.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; LIMA WESP, C.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v. 88, p. 259-273, 2010.

CELAYA, R.; BENAVIDES, R.; GARCÍA, U.; FERREIRA, L. M. M.; FERRE, I.; MARTÍNEZ, A.; ORTEGA-MORA, L. M.; OSORO, K. Grazing behaviour and performance of lactating suckler cows, ewes and goats on partially improved heathlands. **Animal**, v. 12, p. 1818-1831, 2008.

DE ROSA, G.; NAPOLITANO, F.; MARINO, V.; BORDI, A. Induction of conditioned taste aversion in goats. **Small Ruminant Res.**, v. 16, p. 7-11, 1995.

DEVENDRA, C. Perspectives on the Potential of Silvopastoral Systems. **Agrotechnol**, v. 3, n. 1, 2014.

DUMONT, B. Diet preferences of herbivores at pasture. **Annales de zootechnie**, v. 46, p. 105-116, 1997.

DUTOIT, J. T.; PROVENZA, F. D.; NASTIS A. Conditioned taste aversions: How sick must a ruminant get before it learns about toxicity in foods? **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 30, p. 35-46, 1991.

EICHHORN, M. O.; PARIS, P.; HERZOG, F.; INCOLL, L. D.; LIAGRE, F.; MANTZANAS, K.; MAYUS, M.; MORENO, G.; PAPANASTASIS, V. P.; PILBEAM, D. J.; PISANELLI, A.; DUPRAZ, C. Silvoarable systems in Europe – past, present and future prospects. **Agrof. Syst.**, v. 67, p. 29-50, 2006.

FAVREAU, A.; BAUMONT, R.; FERREIRA, G.; DUMONT, B.; GINANE, C. Do sheep use umami and bitter tastes as cues of post-ingestive consequences when selecting their diet? **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 125, p. 115-123, 2010.

FEDELE, V.; PIZZILLO, M.; CLAPS, S.; MORAND-FEHR, P.; RUBINO, R. Grazing behavior and diet selection of goats on native pasture in Southern Italy. **Small Ruminant Res.**, v. 11, p. 305–322, 1993.

FICK, T. A. Amostragem para inventário florestal em sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 5, p. 1033-1038, 2011.

GARRETT, H. E.; KERLEY, M. S.; LADYMAN, K. P.; WALTER, W. D.; GODSEY, L.D.; VAN SAMBEEK, J. W.; BRAUER, D.K. Hardwood silvopasture management in North America. **Agrofor. Syst**, v. 61, p. 21-33, 2004.

GONG, Y.; HODGSON, J.; LAMBERT, M. G.; GORDON, I. L. Effects of contrasting sward heights within forage species on short-term ingestive behavior of sheep and goats grazing grasses and legumes. **NZ J. Agric. Res.**, v. 39, p. 75-82, 1996.

GUERREIRO, M. F.; NICODEMO, M. L. F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Vulnerability of ten eucalyptus varieties to predation by cattle in a silvopastoral system. **Agrofor. Syst**, v. 89, p. 743-749, 2015.

KIMBALL, B. A.; PROVENZA, F. D.; BURRITT, E. A. Importance of alternative foods on the persistence of flavor aversions: implications for applied flavor avoidance learning. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 76, p. 249-258, 2002.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agric., Ecosyst. Environ.**, v. 190, p. 4-8, 2014.

MANUELIAN, C. L.; ALBANELL, E.; SALAMA, A. A. K.; CAJA, G. Conditioned aversion to olive tree leaves (*Olea europaea* L.) in goats and sheep. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 128, p. 45-49, 2010.

MANUELIAN, C. L.; ALBANELL, E.; ROVAI, M.; SALAMA, A. A. K.; CAJA, G. Effect of breed and lithium chloride dose on the conditioned aversion to olive tree leaves (*Olea europaea* L.) of sheep. **Applied Anim. Behav. Sci.**, v. 155, p. 42-48, 2014.

MYBURG, A. A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G. A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R. D.; GRIMWOOD, J.; JENKINS, J.; LINDQUIST, E.; TICE, H.; BAUER, D.; et. al. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, v. 510, p. 356-362 2014.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; ANGHINONI, I.; LUSTOSA, S. B. C.; COSTA, S. E. G. A.; KUNRATH, T. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **Eur. J. Agron.**, v. 57, p. 4-9, 2014.

ODO, B. I.; OMEJE, F. U.; OKWOR, J. N. Forage species availability, food preference and grazing behaviour of goats in southeastern Nigeria. **Small Ruminant Res.**, v. 42, p. 163-168, 2001.

OLIVEIRA, M. D.; RIET-CORREA, F.; SILVA, G. B.; PEREIRA, W. S.; FREIRE, L. F. S.; MEDEIROS, R. M. T. Aversão alimentar condicionada para o controle da intoxicação por *Palicourea aeneofusca*. **Cienc. Rural**, v. 44, n. 7, 2014.

PAPACHRISTOU, T. G.; DZIBA, L. E.; PROVENZA, F. D. Foraging ecology of goats and sheep on wooded rangelands. **Small Ruminant Res.**, v. 59, p. 141-156, 2005.

POKORNÁ, P.; HEJCMANOVÁ, P.; HEJCMAN, M.; PAVLU, V. Activity time budget patterns of sheep and goats co-grazing on semi-natural species-rich dry grassland. **Czech J. Anim. Sci.**, v. 58, p. 208-216, 2013.

PROVENZA, F. D. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging on rangelands. **J. Anim. Sci.**, v. 74, p. 2010-2020, 1996.

R Development Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RALPHS, M. H.; OLSEN, J. D. Adverse influence of social facilitation and learning context in training cattle to avoid eating larkspur. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 1944-1952, 1990.

RALPHS, M. H. Continued Food Aversion: Training Livestock to Avoid Eating Poisonous Plants. **J. of Range Manag.**, v. 45, p. 46-51, 1992.

RALPHS, M. H.; CHENEY, C. D. Influence of cattle age, lithium chloride dose level, and food type in the retention of food aversions. **J. Anim. Sci.**, v. 71. p. 373-379, 1993.

RALPHS, M. H. Long term retention of aversions to tall larkspur in naive and native cattle. **J. Range Manag.**, v. 50, p. 367-370, 1997.

RALPHS, M. H.; PROVENZA, F. D. Conditioned food aversions: principles and practices, with special reference to social facilitation. **Proc. Nutr. Soc.**, v. 58, p. 813-820, 1999.

RALPHS, M. H.; PROVENZA, F. D.; PFISTER, J. A.; GRAHAM, D.; DUFF, D. C.; GREATHOUSE, G. Conditioned food aversion: from theory to practice. **Rangelands**, v. 23, p. 14-18, 2001.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, K. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward asustainable production system. **Agric., Ecosyst. Environ.**, v. 190, p. 70-79, 2014.

SUGAMOSTO, M. L. **Uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração do mapa de aptidão agrícola da adequação de uso do centro de estações experimentais do Canguiri, município de Pinhais - Paraná.** 2002. 133p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

Technological Institute Simepar, Meteorological data from the municipality of Pinhais, Paraná. UFPR, Curitiba, Jun, 10, 2015.

VILLALBA, J. J.; PROVENZA, F. D. Roles of novelty, generalization, and post-ingestive feedback in the recognition of foods by lambs. **J. Anim. Sci.**, v. 78, p. 3060-3069, 2000.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N.; SABELIEV, A. A.; SMITH, G. M. Limitations of linear regression applied on ecological data. In: GAIL, M.; KRICKEBERG, K.; SAMET, J. M.; TSIATIS, A.; WONG, W. (Ed) **Mixed effects models and extensions in ecology with R Statistics for Biology and Health**. New York: Springer, 2009, p. 11-34.

4 CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ovelhas e cabras apresentaram comportamentos diferentes tanto entre si quanto nos tratamentos utilizados. Esperava-se que a presença do componente arbóreo gerasse curiosidade tanto em cabras quanto em ovelhas e que, assim como encontrado na literatura, os animais consumissem pequenas quantidades de ramos e folhas. O alimento era novo para ambas as espécies e os demais alimentos presentes na área experimental eram os mesmos.

Ovelhas não apresentaram interesse pelo eucalipto e não realizaram nenhum tipo de bocado no componente arbóreo. Cabras, entretanto, apresentaram interesse pelo componente arbóreo nas duas alturas de pasto. No pasto alto o consumo não foi significativo, porém, em períodos de ócio, o ramoneio foi relatado.

No pasto de baixa altura, com a redução da espécie vegetal preferida, no caso a gramínea, tanto ovelhas quanto cabras precisaram adaptar sua dieta. Ovelhas consumiram maior quantidade de plantas invasoras em relação ao pasto alto, enquanto cabras aumentaram o ramoneio de folhas e casca do eucalipto. Além disso, os animais apresentaram diferença quanto à espécie de planta daninha consumida. Enquanto ovelhas consumiram língua-de-vaca, cabras consumiram guaxuma.

Através do monitoramento contínuo de bocados foi possível verificar as diferenças nos bocados selecionados por ovelhas e cabras, tanto em espécies vegetais escolhidas, quanto em diferentes partes selecionadas de uma mesma planta. O método permite um acesso aos processos forrageiros e dinâmicas durante uma refeição e pode ser utilizado em ambientes com pouco ou grande número de espécies vegetais. Porém, exige do avaliador treinamento prévio e atenção às ações realizadas pelos animais, assim como é necessário que todos os avaliadores visualizem os bocados da mesma forma. Esta padronização dificilmente é encontrada quando um grande número de avaliadores trabalha junto e quando os mesmos não dispõem de tempo para treinamento. Sendo assim, o número de avaliadores é limitado, exigindo um maior número de dias para a realização das avaliações.

Através das avaliações e da constatação do ramoneio de folhas e casca de eucalipto pelos caprinos, realizou-se o condicionamento aversivo através do uso de

cloreto de lítio como agente aversivo. A técnica é de fácil condução, porém é necessário atenção a alguns detalhes para que o efeito esperado seja verificado nos animais. O preparo da solução de cloreto de lítio é fácil e rápido e através da mudança na cor da mesma verifica-se quando está pronta. A solução pode ser armazenada em refrigeração por alguns dias sem que o efeito se perca. Sendo assim, quando necessário reforçar a dose em determinados animais nos dias posteriores à data inicial do condicionamento, a solução preparada anteriormente pode ser utilizada.

Neste estudo os animais foram condicionados no primeiro dia. Isto foi possível devido aos cuidados em realizar os procedimentos com precisão. Ainda assim, os animais foram testados nos dias posteriores para certificar-se de que o condicionamento havia sido realizado com sucesso.

A aversão a folhas e casca de eucalipto criada em cabras possibilita o uso destes animais em áreas com a presença desta espécie florestal em SIPA, mesmo em uma área com baixa oferta de pasto. Entretanto, também se verificou que o condicionamento não se torna necessário quando a oferta de pasto é adequada aos animais. Com isso, a oferta de um pasto misto e com altura adequada seria suficiente para evitar o consumo de eucalipto por cabras.

Visto que ovelhas não apresentaram interesse pelo componente arbóreo mesmo em uma situação de baixa oferta de pasto e que compensam a falta do alimento preferido consumindo plantas daninhas, sugere-se que estes animais poderiam ser utilizados para pastejar em áreas de SIPA com a presença de eucalipto, onde herbicidas não podem ser aplicados e há a necessidade de eliminação das plantas invasoras.

5 APÊNDICES



Figura 1. Coleta de dados e amostras referentes ao pasto. (a) Coleta da altura do pasto nas condições pré- e pós-pastejo com o auxílio de um sward-stick; (b) quadrado 0.25 m x 0.25 m utilizado para coletar as amostras; (c) e (d) coleta das amostras de pasto realizada em cada piquete; (e) coleta das simulações de bocados realizada após cada avaliação.

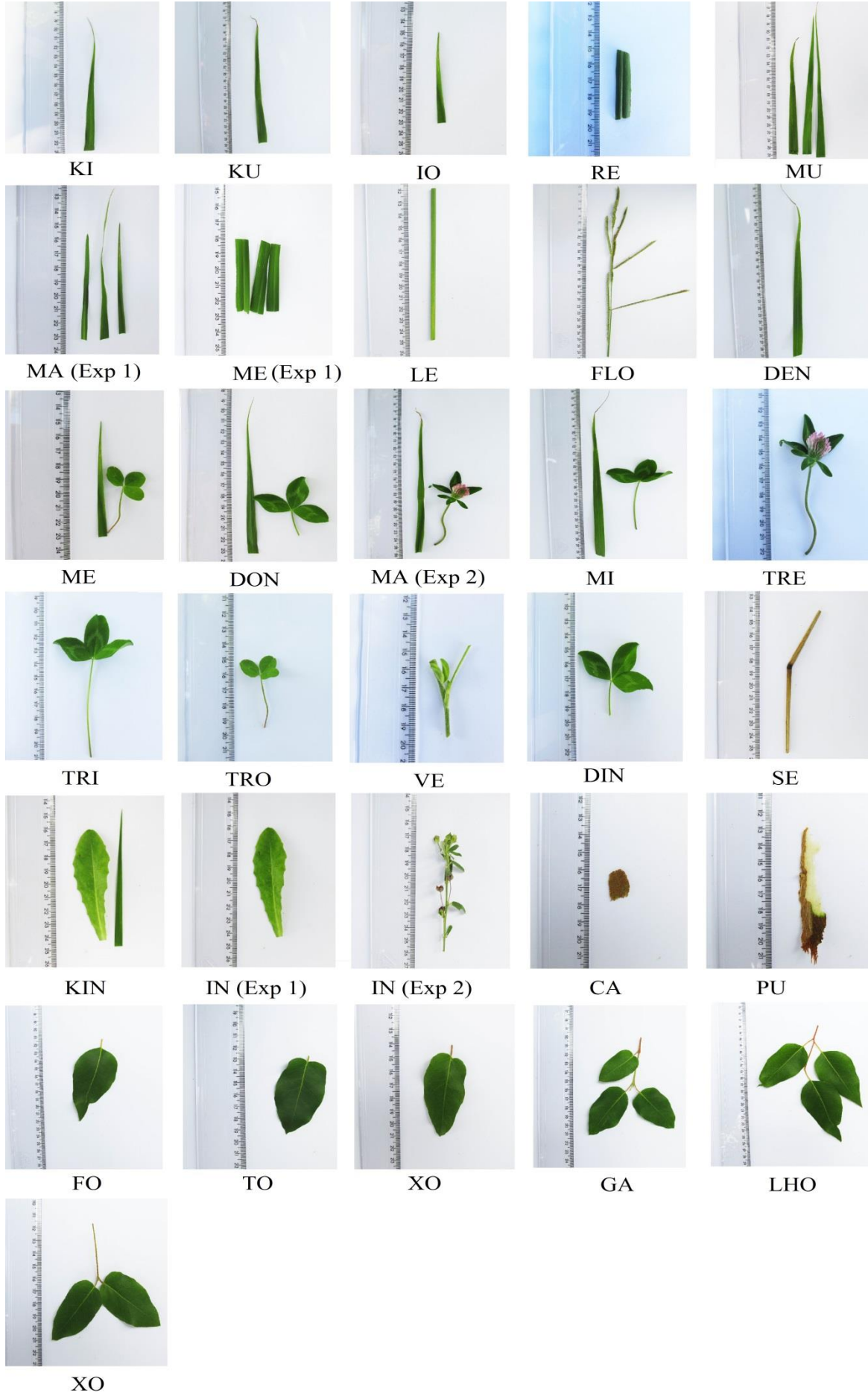


Figura 2. Fotografias referentes aos tipos de bocado utilizados para a avaliação do consumo das espécies vegetais (*Pennisetum clandestinum*, *Trifolium pratense* L., *Eucalyptus dunnii* (Maiden), *Sida rhombifolia* e *Rumex obtusifolius*) presentes na área experimental por ovinos e caprinos. Cada tipo de bocado compreende uma espécie vegetal ou um conjunto de espécies em um mesmo bocado, assim como diferentes partes de uma mesma planta. A forma como cada tipo de bocado é apresentado na figura foi utilizado como base para a coleta dos mesmos na simulação de pastejo realizada após cada avaliação.

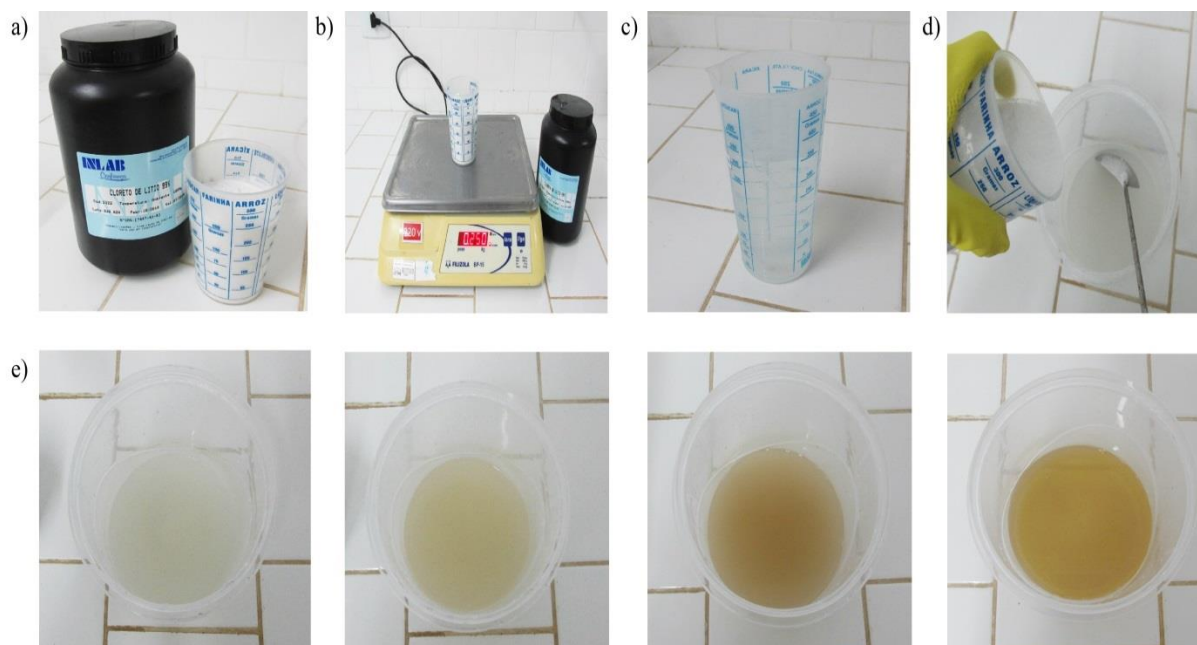


Figura 3. Preparo da solução de cloreto de lítio utilizada no condicionamento aversivo de caprinos à *Eucalyptus dunnii* (Maiden). (a) cloreto de lítio; (b) pesagem da quantidade utilizada para o preparo da solução (250 g); (c) 350 ml de água utilizada na solução segundo cálculo realizado com base no nível de aversão desejado; (c) preparo da solução; (e) estágios da solução de cloreto de lítio com água até atingir a homogeneidade.



Figura 4. Condução do condicionamento aversivo em cabras para evitar o consumo de *Eucalyptus dunnii* (Maiden) em área de SIPA. (a) Ofereceu-se aos animais folhas e ramos de eucalipto por 15 minutos pela manhã em jejum; (b) Após o consumo de no mínimo 20 bocados consecutivos administrou-se via oral a solução de cloreto de lítio na quantidade calculada para cada animal submetido ao condicionamento; (c) Após a ingestão do cloreto de lítio, os animais permaneceram em uma baia apenas com água a vontade por 2 horas. Após este período as cabras retornaram às suas atividades normais.

a)



b)



Figura 5. Avaliações realizadas nos experimentos 1 (a) e 2 (b) utilizando-se o método do monitoramento contínuo de bocados, no qual o avaliador deve ser capaz de permanecer ao lado do animal à uma distância entre 0,5 e 2 m gravando ininterruptamente todas as atividades realizadas pelo animal no período da avaliação.



Figura 6. Exemplos de bocados realizados por ovinos nas avaliações do experimento 1. (a) representa o bocado DEN; (b) representa o bocado IN; (c) representa o bocado IO; (d) representa o bocado RE.



Figura 7. Exemplos de bocados realizados por caprinos nas avaliações do experimento 2. (a) representa o bocado KI; (b) representa o bocado LHO; (c) representa o bocado LE; (d) representa o bocado PU.

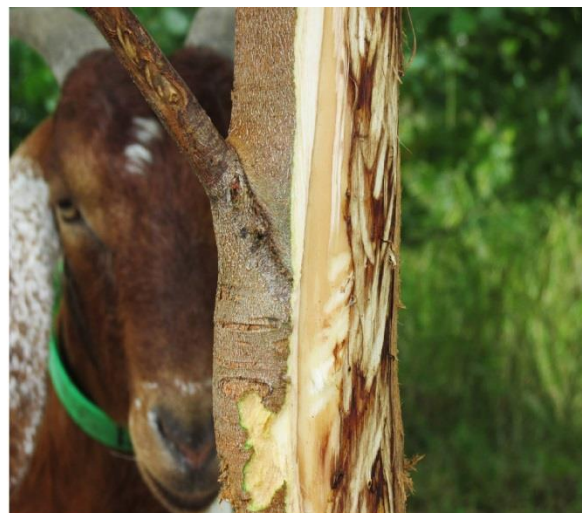


Figura 8. Imagens do impacto dos caprinos nas árvores de *Eucalyptus dunnii* (Maiden) em área de SIPA.